



ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ECOBONO, EN LOS TRÁFICOS MARÍTIMOS ESPAÑOLES.

UNA PROPUESTA BASADA EN LOS COSTES EXTERNOS GENERADOS.

F.Xavier Martínez de Oses
Marcel·la Castells i Sanabra
Grupo de investigación TRANSMAR
Departament de Ciència i Enginyeria Nàutiques
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Financiado por el Ministerio de Fomento



Esta publicación ha sido financiada por el Ministerio de Fomento, como parte del estudio *Evaluación y Comparativa de las Emisiones Contaminantes de los Buques Utilizados en Líneas Marítimas de Corta Distancia con la España Peninsular*, dentro del programa de subvenciones para la realización de estudios y acciones de difusión, relacionados con el transporte, sus infraestructuras y las demás competencias del Ministerio de Fomento, en su convocatoria del año 2008.

ÍNDICE

1. Introducción.....	1
1.1. Generalidades.....	1
1.2. El concepto de transporte marítimo de corta distancia en Europa	4
1.3. El concepto de autopistas del mar frente al de transporte marítimo de corta distancia.....	7
1.4. El transporte de mercancías por carretera entre España y el resto de Europa. La alternativa del transporte marítimo de corta distancia.....	9
1.5. Programas de financiación.....	10
1.6. Estudios previos.....	12
2. Las consecuencias ambientales de las actividades de transporte	17
2.1 Contexto	19
2.2 Definición de los costes externos	20
2.2.1. Costes externos medioambientales	21
2.2.2. Costes externos no medioambientales	25
3. Legislación medioambiental internacional.....	27
3.1. Normativa aplicable al transporte por carretera	27
3.2. Normativa aplicable al transporte marítimo	28
3.2.1. La OMI y el Anexo VI del convenio MARPOL.....	29
3.2.2. La OMI y los gases de efecto invernadero	31
3.3. Emisiones de los buques.....	32
3.3.1. El índice de eficiencia energética de diseño de los buques	37
4. Metodología de estudio.....	39
4.1. Metodología de cálculo	40
4.1.1. Metodología de cálculo según el proyecto REALISE.....	40
4.1.2. Metodología de cálculo según el proyecto MOPSEA	49
Cálculo de las emisiones relacionadas con la tecnología del motor	51
Cálculo de las emisiones relacionadas con el tipo de combustible	54
Cálculo de los motores auxiliares	55
4.1.3. Diferencia entre los dos métodos de cálculo.....	55
4.2. Estimación de los costes internos.....	56
4.3. Estimación de los costes totales	60
5. Rutas y buques seleccionados para el estudio.....	63
5.1. Navieras	65
5.2. Países de destino	66
5.2.1. Arco Mediterráneo.....	66
Francia	66
Italia	66
Grecia	66
Turquía.....	66
5.2.2. Arco atlántico	67
Alemania	67
Bélgica	67
Finlandia	67
Francia	67
Holanda.....	68
5.3. Estudio de las características de los buques analizados	68
5.3.1. Velocidad de los buques	68
5.3.2. Edad de la flota.....	69
6. Análisis de las rutas. Cálculo de costes	71
6.1 Análisis del promedio de las rutas mediterráneas	72
6.1.1. Distancias.....	73
6.1.2. Potencia del buque.....	73
6.1.3. Velocidad del buque.....	73

6.1.4. Número de FEUs transportados	73
6.2. <i>Desglose de costes externos de la ruta promedio</i>	73
6.3. <i>Cálculo del umbral de rentabilidad</i>	76
6.3.1 Gráficas en función de la capacidad del buque.....	76
6.3.2 Gráficas en función de la potencia del buque.....	77
6.4 <i>Análisis del promedio de las rutas atlánticas</i>	79
6.4.1. Distancias.....	79
6.4.2. Potencia del buque.....	79
6.4.3. Velocidad del buque.....	80
6.4.4. Número de FEUs transportados	80
6.5. <i>Desglose de costes externos de la ruta promedio</i>	80
6.6. <i>Cálculo del umbral de rentabilidad</i>	83
6.6.1 Gráficas en función de la capacidad del buque.....	83
6.7 <i>Desglose por países del coste y del ahorro potencial del volumen de mercancías transportado en 2007</i>	85
7 Conclusiones.....	87
7.1. <i>Propuestas de futuro</i>	90
8. <i>Bibliografía</i>	93

1. Introducción

1.1. Generalidades

El presente estudio, se ha centrado en la elaboración de un análisis comparativo entre dos modos de transporte complementarios, que siendo completamente distintos, acaparan la mayor parte de la carga movida entre España y el resto de Europa. Estos modos de transporte son la carretera y el desde ya hace unos años promovido *Short Sea Shipping* o Transporte Marítimo de Corta Distancia. Su penetración dentro del movimiento de mercancías en el mercado interior de Europa, medido en toneladas por kilómetro, se mantienen ambos alrededor del 40%, con unas tasas de crecimiento muy parecidas.

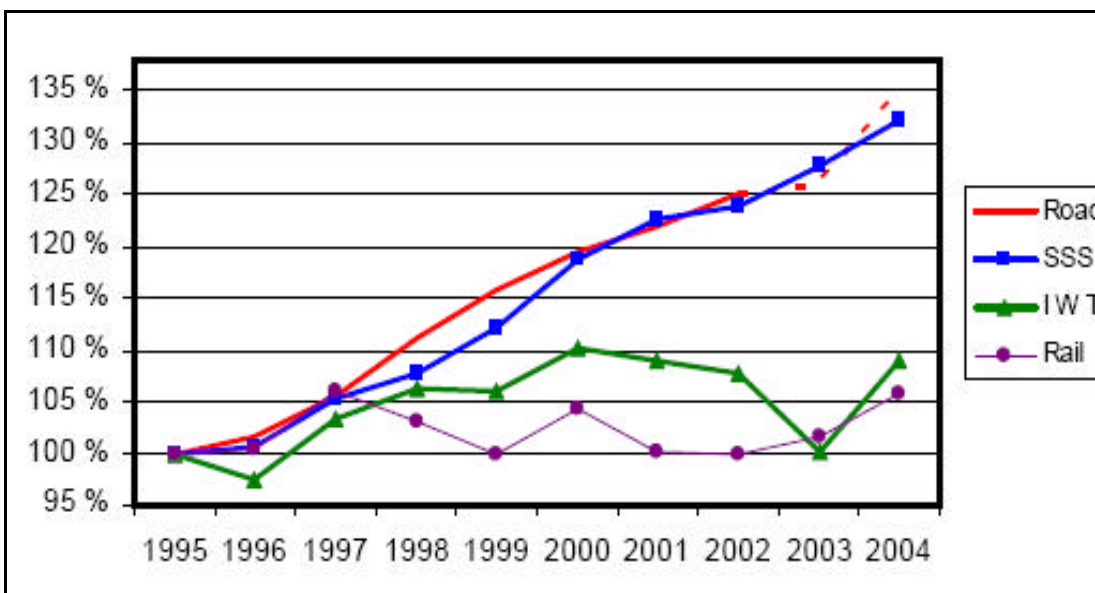


Ilustración 1. Porcentaje de crecimiento en toneladas por kilómetro de los diferentes modos de transporte en el mercado interior europeo. Fuente: COM (2006) 380 final

Según los datos disponibles entre 1990 y 1997, se obtuvo un crecimiento del transporte marítimo de corta distancia del 23% en toneladas por kilómetro, siendo en el caso de transporte por carretera del 26% en toneladas por kilómetro. El volumen de toneladas por kilómetro en el transporte por vías de navegación interior aumentó un 10% entre 1990 y 1997, y el ferrocarril tuvo un crecimiento negativo del 7%. El mayor crecimiento entre 1993 y 1997 ha sido el de contenedores, aumentando un 44% de toneladas, lo que supera al 16% del crecimiento general del volumen de transporte marítimo de corta distancia.

Se percibe por tanto, que el crecimiento de los intercambios comerciales en el seno de la UE, se ha concentrado principalmente en el transporte por carretera, gracias eminentemente a sus ventajas como el ser un modo de transporte ágil, rápido y relativamente barato, para los intercambios existentes dentro de

Europa. Este crecimiento se ha facilitado por la excelente red viaria que permeabiliza Europa.

El transporte marítimo de corta distancia está regulado por una serie de principios que rigen en toda la Unión Europea. Tales principios son, el establecimiento, según el artículo 1 del Reglamento (CEE) nº 4055 del Consejo, de la libre prestación de servicios de transporte marítimo internacional en la propia Comunidad. Otro principio general es el régimen aduanero comunitario para mercancías transportadas por vía marítima, según el cual todas las mercancías transportadas por esta vía se consideran no comunitarias, y sujetas a despacho aduanero, excepto aquellas que presenten la documentación comunitaria correspondiente, o estén a bordo de un buque que realiza escala exclusivamente en puertos de la Comunidad, y considerado como servicio regular autorizado.¹

Otra particularidad del transporte marítimo de corta distancia es que sólo es competitivo en las distancias más largas, ya que en distancias cortas el transporte por carretera es el más eficiente. Las estadísticas en el mismo período mencionado, establecen que la distancia media de transporte de una tonelada ha sido de 100 km en el transporte por carretera, 270 km por vías de navegación interior, 300 km por ferrocarril y 1.385 km por transporte marítimo de corta distancia.²

Una particularidad a considerar, es la contribución a la movilidad segura y sostenible. El transporte marítimo se destaca por una mayor eficiencia energética respecto al resto de medios de transporte, produciendo menos CO₂, CO, COV e incluso NO_x por tonelada o pasajero transportados. Pero este buen rendimiento se ve contrarrestado por la elevada emisión de SO₂, superior a los otros medios. Con el fin de reducir estas emisiones, la Organización Marítima Internacional en 1997 adoptó unas nuevas medidas, traducidas en el Anexo VI del convenio MARPOL 73/78, como el establecimiento de "Áreas de control de emisiones de SO_x", donde se exigirían niveles de emisión más bajos.

Una necesidad del transporte marítimo de corta distancia es su encaje o integración en las cadenas de transporte intermodal. Para mejorar este escenario, en el año 1997 la Comisión adoptó una Comunicación sobre transporte multimodal para desarrollar un marco y combinar las ventajas de cada medio de transporte en el servicio puerta a puerta. Mejorando la capacidad de interconexión e interoperabilidad. Además, para rentabilizar el servicio, se necesitaría una mejor organización logística, mayor frecuencia de salidas, regularidad y eficientes redes de información.

Otro punto a mejorar, es la rapidez en la tramitación de documentos y de los propios procesos administrativos. Se requiere menos documentación en el transporte por carretera, pero en el caso del transporte marítimo se tramita mediante un intermediario, de modo que la naviera no debe hacerse cargo de trámites adicionales. Pero este hecho se torna en inconveniente dado que los formularios y procedimientos varían en cada puerto, y el volumen de

¹ Comunicación SEC (2004) 333 de 17 de marzo de 2004.

² COM (99) 317 final. Comisión Europea, Bruselas, 1999.

documentación supone una carga y un coste adicional, para solventarlo se prima la utilización de formularios comunes, como los propuestos por la Organización Marítima Internacional en su convenio FAL.³

Ya desde el año 1995, la Conferencia de Barcelona aprueba la creación de la Asociación Euromediterránea, que se centra en la creación de un sistema de transporte intermodal aire-tierra eficiente en el Mediterráneo. Desde ese momento se intuía la necesidad de disponer de infraestructura portuaria eficiente, se deduce que los periodos de inmovilización se deben a la falta de infraestructuras. Por ello, en 1997 la Comisión Europea adoptó un Libro Verde, con el objetivo de promover una mejor integración de los puertos en la cadena de transporte intermodal, y para garantizar una competencia libre y equivalente entre los puertos. También se presenta una propuesta para modificar las orientaciones de la Red Transeuropea de Transportes, según la cual los puertos interiores y marítimos y las terminales intermodales tendrían una categoría específica como plataformas de conexión entre modos de transporte.

Desde que en septiembre del año 2001, la UE presentara *El Libro Blanco del Transporte*⁴, y se comenzase a confirmar una sensación de preocupación por la problemática que el transporte terrestre de mercancías y pasajeros venía generando desde hacía años en cuanto al aumento en la congestión de carreteras, generación de costes externos, así como de emisiones contaminantes a la atmósfera y a la incapacidad de absorción de futuros volúmenes de mercancías; se comenzaron a subvencionar estudios y proyectos específicos que cuantificaran en cifras reales todos estos aspectos.

Es por ello que la política de transportes de la Unión Europea, se dirigió a partir de ese momento a lograr que el sector del transporte fuera una herramienta de crecimiento económico y no una rémora para el mismo. Ello pasaba por la reducción de las emisiones por parte de los medios de transporte, pero también y sobre todo, por un mejor equilibrio en la penetración de los diferentes modos de transporte. Como se ha mencionado antes, el transporte interno de la UE, se basa en la utilización de la excelente red viaria que atraviesa Europa, aún a costa de su coste, las mayores emisiones contaminantes producidas por el transporte de carretera y a la alta relación de consumo por unidad de carga transportada⁵, que la carretera supone respecto a otros modos alternativos. La congestión de la red viaria, con más de 7.500 km de carreteras sólo en la UE sometidas a congestión en el año 2001⁶ ha provocado que algunos operadores empiecen a utilizar las opciones ferroviaria y marítima, buscando un mejor servicio.

El transporte marítimo es uno de los modos de transporte menos contaminante, contribuyendo además a la reducción de la congestión del tráfico en las carreteras europeas. Concretamente el transporte marítimo de corta distancia

³ Directiva 6/2002/CE del Parlamento y Consejo, Europeos de 18 de Febrero de 2002, en vigor desde el 9 de Septiembre de 2003.

⁴ Libro Blanco del transporte. Hacia 2010, tiempo para decidir. COM (2001) 370 final. Bruselas.

⁵ Baird, A. *Investigating the Feasibility of Fast Sea Transport Services. Maritime Economics and Logistics*, Vol. 6 (2004), pp. 252-269.

⁶ Libro Blanco del transporte. Hacia 2010, tiempo para decidir. COM (2001) 370 final. Bruselas.

se considera la forma más rápida de lograr la sostenibilidad en el sector del transporte, por las razones antedichas, aunque su crecimiento podría empeorar la congestión portuaria y la concentración de emisiones contaminantes en las mismas. Por otro lado, otra ventaja de los barcos sobre los camiones y trenes, es su relativo menor consumo por unidad de carga transportada y kilómetro recorrido, debido en parte a su menor velocidad relativa⁷. Sin embargo, diferentes foros como el propio Comité de Protección Ambiental Marítima (MEPC) de la Organización Marítima Mundial, han advertido que aun siendo el modo marítimo, la alternativa más eficiente desde el punto de vista del aprovechamiento de la energía latente en cada litro de combustible, debemos de tener en cuenta la emisión de gases de efecto invernadero que su combustión puede producir⁸.

Debemos también anticipar, que la proliferación en los últimos años, de buques más rápidos e incluso de alta velocidad, con capacidad para competir en tiempos de entrega de la mercancía con el camión, suponen una alternativa para ofrecer un mejor servicio al cargador, pero con la contrapartida de requerir mayores potencias de máquina y por ello tener mayores consumos, emitiendo una cantidad mayor de gases contaminantes.

1.2. El concepto de transporte marítimo de corta distancia en Europa

La política europea de transporte, pretende alcanzar el objetivo de hacer del mismo un sistema sostenible. Para lograrlo, las alternativas disponibles se centran en el trasvase de carga a los tráficos marítimos y ferroviarios. El tráfico marítimo y en concreto el de corta distancia, para ser una alternativa real ha de ser capaz de competir con el transporte por carretera tanto en términos de costes como de calidad de servicio.

Pero, ¿en qué consiste el transporte marítimo de corta distancia?, de hecho existen definiciones dispares y no hay un consenso para establecer una definición válida para todos los interlocutores, aunque podríamos considerarlo como el transporte marítimo de carga general y/o pasajeros que es una alternativa al transporte terrestre.

Citando a diferentes autores que proponen una definición, mencionaríamos a Williamson (1982)⁹, quien afirma que es un transporte alternativo que compite con el transporte terrestre. Bjornland (1993)¹⁰, lo define como aquel que transporta bienes sin cruzar los océanos. Linde (1993)¹¹, afirma que es un

⁷ Mulligan, R. et al. *Short Sea Shipping. Alleviating the environmental impact of economic growth*. WMU Journal of Maritime Affaires. (2006). Vol. 5, Part 2. pp. 181-194.

⁸ Burgel, A.P. Air pollution from ships: Recent developments. WMU Journal of Maritime Affaires. Vol. 6, (2007). N. 2. pp. 217-224.

⁹ *Short Sea Shipping in the economy of inland transport in Europe*. Suecia, ECTM, (ECMT, Goteborg, 1-2 Apr).

¹⁰ Bjornald, D. (1993). *The importance of short sea shipping in European Transport*, ECMT, Short-Sea Shipping, Economic Research Centre.

¹¹ Linde, H. (1993). *Status and perspectives of technological development in European Short Sea Shipping*, in Wijnolst, N., Peeters, C., Liebman, P. (eds.) *European Shortsea Shipping*. Lloyd's London Press

fenómeno global que engloba el tráfico marítimo costero en el área europea bajo el control de compañías navieras europeas.

Otros autores como Kuipers (1993), lo definen como aquel que abarca todas las formas de transporte marítimo dentro de Europa y entre Europa y las regiones adyacentes. Crilley y Dean (1993)¹², consideran que éste está determinado por el tipo de barcos que se dedican al mismo y en concreto los buques menores de 5.000 GT (toneladas de registro). Peeters, Verbeque, Declercq y Wijnolst (1995)¹³ lo definen a través del sujeto activo del transporte, es decir que los buques que se dedican al transporte marítimo de corta distancia son aquellos con capacidad, menor o igual a las 10.000 toneladas de peso muerto (pudiendo equivaler a las 6.000, en función del tipo de buque).

Marlow, Pettit y Scorza (1997)¹⁴, lo definen como los flujos de tráfico marítimo de todo tipo de carga transportada en contenedores, desde un Estado miembro de la Unión Europea a cualquier destino dentro del territorio que abarca Europa, el Mediterráneo y los países europeos del Mar Negro. Stopford (1997)¹⁵, lo considera como el transporte marítimo en el ámbito geográfico de una región, que compite con el transporte terrestre y que fundamentalmente se dedica al tráfico feeder de puerto a puerto. Artal Tur (2002)¹⁶, considera el transporte marítimo de corta distancia como los tráficos marítimos que no implican travesías interoceánicas.

Paixao y Marlow (2002)¹⁷, lo definen como un servicio de transporte complejo desempeñado por diferentes intermediarios y realizado por cinco tipos de buques muy concretos. Finalmente citar a Lombardo (2004)¹⁸, que lo describe como un transporte marítimo comercial que no transita por los océanos, considerándose un transporte alternativo que utiliza las vías de navegación interiores y costeras.

Desde el punto de vista oficial, la Unión Europea empieza a citarlo como tal, en la comunicación de 2 de Diciembre del 1995, donde se sientan las bases para la elaboración del futuro Libro Blanco del transporte. El concepto planteado

¹² Crilley, J. & Dean, C.J. (1993): *Shortsea shipping and the world cargo carrying fleet – a statistical summary*, in Wijnolst N., Peeters C., y Liebman P. (eds.), European Shortsea Shipping. Lloyd's of London Press.

¹³ Peeters, C., EETERS, C., VERBEQUE, A., DECLERCQ, E. y WIJNOLST, N. (1995): Cap. 1. *Identification and analysis of existing intra-European traffic for each relevant category of goods and transport corridor*. Analysis of the competitive position of short sea shipping. Development of policy measures. The corridor study. Delft. Delft University Press, pp. 1-62.

¹⁴ MARLOW, P. B., PETITT, S.J. y SCORZA, A.D. (1997): *Short sea shipping in Europe; Analysis of the UK and Italian Markets*. Occasional Papers nº 42, Dpt. of Maritime Studies and International Transport, University of Wales, Cardiff.

¹⁵ STOPFORD, M. (1997): *Maritime Economics*, Routledge, London.

¹⁶ ARTAL TUR, A. (2002) Comercio exterior en la Unión Europea y política común de transporte: el Transporte Marítimo de Corta Distancia y la intermodalidad. Documentos de Trabajo de la Facultad de Ciencias de la Empresa Departamento de Economía. Universidad Politécnica de Cartagena (Spain).

¹⁷ PAIXAO, A.C. y MARLOW, P.B. (2002): *Strengths and weakness of short sea shipping*. Marine Policy 26 (3), mayo pp. 167-178.

¹⁸ LOMBARDO, G. A. (2004): Short Sea Shipping: Practices, Opportunities and Challenges. TransportGistics, Inc. White Paper Series. May 24.

como transporte marítimo de corta distancia o Short Sea Shipping, se basa en el transporte marítimo que no implique una travesía oceánica e incluye el transporte marítimo a lo largo de la costa y entre las principales costas e islas de la Unión Europea, aclarando que abarca el transporte nacional, el transfronterizo y el fluvial acometido por buques costeros entre puertos del hinterland.

Posteriormente en la revisión de 1999 (COM(99) 317 final) del documento anterior, se propone una definición oficial un poco más concreta entendiéndose como tal “al transporte por mar de mercancías y pasajeros entre puertos situados geográficamente en Europa o entre dichos puertos y puertos situados en países no europeos ribereños de los mares cerrados que rodean Europa”.

La resolución del Parlamento Europeo (P6-TA (2205) 0086), lo define como el transporte de pasajeros y mercancías por mar o vías fluviales que forma parte de la cadena logística de transporte en Europa, considerando que el transporte marítimo de corta distancia forma parte íntegramente, de la cadena logística de transporte entre abastecedores y usuarios y es un medio de transporte marítimo y fluvial de la Europa geográfica, bien a escala intercomunitaria, bien entre la Unión Europea y terceros países, como los países mediterráneos o del mar Negro.

La European Shortsea Network, lo define como transporte intermodal (es decir como combinación de transporte marítimo y terrestre) de carga, intra europeo y puerta a puerta, generalmente en contenedores o remolques, que en su mayor parte se hace por mar.

Durante la reunión informal de ministros de transporte de la Unión Europea, celebrada en Gijón en el mes de Junio de 2002, se establece la definición de transporte marítimo de mercancías y pasajeros que está integrado en una cadena intermodal de transporte, y cuyos puertos de origen y destino se hallan en Europa o un país del entorno próximo. Posteriormente en la Jornada Española para la difusión del transporte marítimo de corta distancia en el sector del transporte terrestre, celebrada en Octubre del año 2003, se lo define como forma de transporte que combina el modo terrestre con el marítimo, es decir, es una forma de transporte intermodal. Por lo que requiere para su consecución colaboración-cooperación-acuerdo-confianza de más de un conjunto de elementos en la realización de un fin determinado. En este intervienen el sector del transporte marítimo y el sector del transporte terrestre, así como el sector portuario y el de servicios portuarios.

Para finalizar este apartado, citaremos la definición que establece el Ministerio de Fomento, entendiéndolo como tal el movimiento de mercancías y pasajeros por mar entre puertos situados en territorio de la Unión Europea o entre esos puertos y puertos situados en países no europeos con una línea de costa en los mares ribereños que rodean Europa. Incluye transporte marítimo nacional e internacional, además de los servicios feeders, a lo largo de la costa y con las islas, ríos o lagos. El concepto se aplica también al transporte marítimo entre estados miembros de la Unión Europea y Noruega, Islandia y otros países ribereños del mar Báltico, el Mar Negro y el Mediterráneo.

1.3. El concepto de autopistas del mar frente al de transporte marítimo de corta distancia

Si bien ambos conceptos aluden al modo marítimo, se trata de dos modos de organizar dicho transporte, de manera que los requisitos que deben de cumplir las autopistas del mar, son más rigurosos, dado que los requisitos definitorios del transporte marítimo de corta distancia son condiciones necesarias pero no suficientes para poder hablar de una autopista del mar. Ambos deben de constituir eslabones esenciales en el sistema de transportes de la Unión Europea.

Si el transporte marítimo de corta distancia constituye una importante alternativa al tráfico terrestre, no existe la necesidad de que las rutas estén prefijadas geográfica o cronológicamente de modo estricto. Las Autopistas del Mar parten de una filosofía diferente. Se pretende dotar al mar de una vía permanente, como un puente o una autopista virtual, y es imprescindible establecer rutas prefijadas con puertos de origen y destino claramente definidos. Se deben especificar los puntos intermedios donde tocarán tierra y una vez determinados todos los puertos será difícil cambiarlos. Es necesario dotarlas de horarios claramente definidos, al modo de una línea regular y en definitiva deberán ofrecer un transporte puerta a puerta, cuyo coste y nivel de calidad le permitan alcanzar un estándar de competitividad en el servicio que pueda ser equiparable al ofrecido por el transporte terrestre.

Es por ello que las Autopistas del Mar suponen un concepto mucho más ambicioso que el de transporte marítimo de corta distancia.

El concepto de Autopistas del mar, fue introducido por la Unión Europea en el Libro Blanco del año 2001, refiriéndolo básicamente a aquellas conexiones marítimas que permitan eludir los puntos de congestión como los Alpes y los Pirineos, proporcionando rutas más cortas y económicas para la mayoría de las regiones periféricas. En ocasiones se ha considerado como un concepto algo difuso o indefinido, aunque la filosofía básica se mantiene en todas las acepciones utilizadas. El concepto se enfoca desde diferentes ángulos en función del agente que lo estudie. Aunque básicamente se hable de lo mismo, no se pone el mismo énfasis en todos los apartados. El puerto de Valencia, la Comisión Europea, el Grupo Van Miert o el informe Richemont dan ejemplos de distintas definiciones.

La asociación de navieros española ANAVE, define las autopistas del mar como el conjunto de puertos y servicios intermodales incluyendo el transporte marítimo de corta distancia en una determinada área geográfica de la Unión Europea, o que sirve de elemento de conexión entre regiones, integrado (es decir "bien interconectado") en las Redes Transeuropeas de Transporte (RTE-T), con estándares superiores de calidad, operatividad y eficiencia, que cumplan un conjunto de criterios objetivos que constituyan una alternativa de transporte que contribuya a la descongestión de los corredores terrestres, a la

conservación del medio ambiente y, de este modo, al crecimiento sostenible en la propia unión.

Además plantea los requisitos que cada uno de los intervinientes en el transporte marítimo debería de cumplir.

Por ejemplo en cuanto a las autoridades portuarias, recomienda la apertura durante todo el año y con los horarios más amplios posibles, la disponibilidad de infraestructuras y equipamiento específico adecuado a los servicios de corta distancia, de sistemas adecuados de seguridad marítima y de control de tráfico marítimo (VTS) y uso extensivo de tecnologías de la información. Plantea además la necesidad de procedimientos aduaneros simplificados y armonizados entre los diferentes países, que contemplen la posibilidad de comenzar la descarga antes de terminar el proceso administrativo.

En cuanto a los operadores, plantea la conveniencia de que haya por lo menos un operador con líneas que sirvan cada uno de los puertos relevantes de la autopista, mediante buques tecnológicamente adecuados, alta fiabilidad en la frecuencia, regularidad y continuidad de los servicios puerta a puerta; la compatibilidad de las unidades de carga en toda la cadena. O el uso de sistemas de información avanzados, incluyendo el seguimiento de la carga y el equipo.

Como corolario, las Autopistas del Mar deben constituir rutas marítimas clave entre los Estados miembros, con servicios regulares de alta calidad que, combinados con otros medios de transporte, puedan competir y ofrecer una alternativa al movimiento de mercancías por carretera. Para que las cadenas de transporte marítimo-terrestre lleguen a alcanzar el estatus de Autopistas del Mar, es necesario alcanzar un sello de calidad que supone el cumplimiento de unos estándares durante todo el proceso.

Definidas ya en el informe van Miert, las cuatro autopistas del mar contempladas, engloban a cuatro corredores, los cuales son principalmente:

La Autopista entre el **Mar Báltico y el Mar del Norte**, que conectaría los países del Mar Báltico con Europa central.

La Autopista entre el **Mar del Norte y la Península Ibérica**, que conectaría la Península Ibérica, a través del Océano Atlántico, con Europa central.

La Autopista del **Mediterráneo Oeste**, que uniría España, Francia e Italia.

La Autopista del **Mediterráneo Este**, que cubriría el Mar Adriático, Grecia y Chipre.

Durante el año 2007, la Comisión Europea tenía previsto aprobar los criterios que permitieran definir el llamado “sello de calidad”, que permitieran diferenciarlas del resto de líneas de transporte de corta distancia.

Durante el mes de marzo del año 2009, se han conocido los enlaces que han sido seleccionados como tales, siendo los siguientes:

Autopistas del Mar del Mediterráneo:

- Tenes (Argelia) – Rades (Túnez) - Marsella.
- Agadir (Marruecos) – Port Vendres.
- Bejaia (Argelia) – Barcelona – Marsella
- Haifa (Israel) - Trieste

Autopistas del Mar del Atlántico del NE:

- Gijón a Nantes – Saint Nazaire, servida por un consorcio formado por Grimaldi Lines y Louis Dreyfus.
- Vigo – Nantes – Algeciras, liderada por ACCIONA Trasmediterranea

1.4. El transporte de mercancías por carretera entre España y el resto de Europa. La alternativa del transporte marítimo de corta distancia.

Desde la firma del Tratado de la Unión Europea por parte española a finales de 1985, el volumen de mercancías transportadas a través del paso de los Pirineos ha ido incrementándose, como consecuencia del aumento también importante de los intercambios comerciales. Esto ha supuesto que el número de vehículos pesados sobretodo camiones, que atraviesan el paso fronterizo de los Pirineos aumentara. De los 10 pasos viarios existentes en los Pirineos, los que mayor volumen absorben son los de la La Jonquera y el de Irún.

En el caso de Cataluña, los corredores que absorben la mayor parte de los alrededor de 9.000 camiones al día, son la AP7, la AP2 y el Eje Transversal, además de once trenes. Las estimaciones consideran que en el año 2026 podrán pasar la frontera unos 269 millones de toneladas de mercancías, frente a los 100 millones que pasaron en el año 2002.

Podemos afirmar que desde aquel año, en el cuál se pasó de un 2,8% a un 8,4% en la tasa de crecimiento del tráfico, con una media de 3.500 camiones diarios, a día de hoy este número se ha incrementado hasta los 19.905¹⁹ camiones diarios, y se prevé que para el año 2020 éste aumente hasta los 30.000 o los 41.802 camiones en el año 2026²⁰. Con estos incremento se prevé que el paso de la Jonquera esté al límite del colapso para el año 2011. Momento en el cual se debería, según fuentes de la Generalitat de Cataluña, de ampliar esta vía a tres carriles por sentido.

El 81% de los intercambios entre la Península y Francia, se realizan por carretera, preveyéndose que el incremento en dichos intercambios se realice a costa de la carretera y no gracias a una mayor participación de otros medios. No obstante ello el PTIC (Plan de Infraestructuras del Transporte de Cataluña), recoge actuaciones en el futuro próximo, dentro de las Redes Transeuropeas

¹⁹ Valero, F. *Midi-Pyrénées busca dinero privado para el Vignemale*. Diario de Aragón. 25/03/2007.

²⁰ El Vigía. *Infraestructuras de Catalunya*. Marzo 2009. Barcelona.

de Transporte, como tres pasos nuevos a nivel de los Pirineos como los de Vall d'Aran, Somport y Navarra, reforzando además el paso del Cadí.

Según el Observatorio de Tráfico de los Pirineos, publicado el mes de Diciembre de 2008 por el Ministerio de Fomento, entre los años 2001 y 2006, el tráfico por carretera aumentó 6 veces más que el marítimo, con el modo ferroviario mantenido estacionario y con un incremento total acumulado en el citado período del 19% para la carretera, del 7% para el ferrocarril y del 3% para el marítimo. En cuanto a los flujos de mercancías, el incremento del tren fue del 70% y el de la carretera del 21%. De los 109,9 millones de toneladas que cruzaron la frontera en el año 2006, unos 56 millones tuvieron como destino u origen, la Península y/o Francia. De los aproximadamente 54 millones restantes que cruzaron Francia, el 88% (43,1 millones de toneladas) correspondieron a la UE-15, el 7,5% restante a los países de nuevo ingreso en el año 2004 y el 0,5% final a los países de Bulgaria, Rumanía, Croacia y Turquía. Esta situación supone un importante punto de inflexión en el crecimiento de la economía española y europea. Pero estas cifras demuestran claramente una situación de congestión extrema de las vías e infraestructuras terrestres existentes en los pasos transfronterizos.

El desarrollo del transporte marítimo de corta distancia entre la Península Ibérica y el resto de la U.E. está directamente relacionado con el corredor europeo que une ambas regiones, ya que es a través de éste por donde se canalizan las exportaciones e importaciones entre ambas regiones geográficas.

Actualmente el reparto del tráfico de mercancías se distribuye de forma igualitaria entre las cadenas logísticas terrestres unimodales y las intermodales con tramos terrestres y marítimos. Sin embargo, existe una ligera pero a la vez lógica ventaja hacia el modo de transporte por camión, sobretodo para trayectos cortos entre España y Francia, ya que en distancias cortas éste se muestra como un modo más rápido, flexible, económico y eficaz; aunque no tan eficiente desde el punto de vista de los costes externos.

Por otro lado, a medida que se incrementan las distancias entre puntos de origen y destino así como el volumen de mercancías transportado, es el transporte marítimo respecto al terrestre el que comienza a mostrarse como el modo más rentable, adecuado, y sobretodo económico tanto en términos de costes internos como externos.

El trasvase de mercancías desde el modo terrestre al marítimo, es la apuesta que se hace desde la Unión Europea, para intentar poner remedio a esta saturación de las infraestructuras terrestres, que están generando unos costes externos superiores a los del transporte marítimo, y de paso ralentizando el crecimiento económico de las regiones afectadas.

1.5. Programas de financiación

Mediante el Cuarto Programa Marco de investigación y desarrollo tecnológico de la Unión Europea, se contribuyó a la mejora de la coordinación entre la

investigación nacional y comunitaria mediante una mejor financiación y difusión de los resultados de investigación y desarrollo tecnológico. El transporte marítimo de corta distancia, era uno de los temas principales de la parte marítima del programa específico de transporte. El pasado 5º Programa Marco contenía dos acciones clave específicas sobre transporte marítimo de corta distancia, la llamada *Sustainable mobility and intermodality* y la *Land transport and marine technologies*.

Esta línea se continuó en el 6º Programa Marco, aunque el tema marítimo quedó muy reducido, en favor del aéreo, espacial o las acciones para fomentar la intermodalidad en los puertos.

También han existido diferentes programas de financiación como los PACT (Pilot Actions on Combined Transport), financiando proyectos relacionados con el transporte marítimo de corta distancia entre 1995 y 1998, y otros estudios de viabilidad sobre el transporte marítimo de corta distancia y acciones innovadoras que mejoraran la competitividad del transporte combinado; todos ellos cofinanciados por la antigua DG VII (actualmente DGTREN). Además, se deben destacar otros proyectos portuarios en las redes transeuropeas de transportes, estudios de viabilidad mediante cofinanciación, la financiación de proyectos a través del instrumento financiero comunitario MEDA, y la promoción de mayores inversiones por parte del Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

El Comité MED de la asociación Euromediterránea aprobó 11 proyectos marítimos regionales que serían financiados por el instrumento MEDA.

MEDA, Medidas de acompañamiento financieras y técnicas de las reformas de las estructuras económicas y sociales en el marco de la colaboración Euromediterránea, reglamento (CE) 1488/96 de 23 de Julio de 1996.

Los objetivos del mismo son desarrollar el transporte marítimo y los puertos, así como mejorar la seguridad marítima y la protección del medio ambiente.

El Fondo Europeo de desarrollo Regional e INTERREG III, la comunicación de la Comisión sobre cohesión y transporte COM (98) 806 final de 14 de Enero de 1999, sugirió que los fondos FEDER y de cohesión, deberían de coadyuvar en la promoción del TMCD, por motivos medioambientales.

El FEDER a través de la iniciativa INTERREG II C, sobre cooperación transnacional sobre planificación del territorio, pretendió establecer unos sistemas de transporte más sostenibles y eficientes, hecho que tiene su continuación en la iniciativa INTERREG III C 2000 – 2006.

El programa MARCO POLO sucedió al PACT (expiró a finales del 2001), en agosto del año 2003, por mediación del reglamento (CE) nº 1382/2003 del Parlamento y del Consejo de 22 de Julio de 2003, en el cual se podían subvencionar medidas en todos los sectores del transporte marítimo de corta distancia, ferroviario y por vías navegables interiores, con el objetivo de desplazar hasta 12.000 millones de toneladas por kilómetro por año, de la carretera a otros modos.

A continuación detallamos un pequeño resumen de estos programas:

PACT (1996 – 2001)

Alrededor de 35 MEuros (7 MEuros/año)
Sólo para acciones innovadoras en “modal shift”

MARCO POLO (2003 – 2006)

Alrededor de 75 Meuros (18 Meuros/año)
Acciones: Modal shift,
Catalyst actions and
Common learning.

MARCO POLO II (2007 – 2013)

Alrededor de 400 Meuros (60 Meuros/año)
Mayor alcance geográfico
Mayor tipo de acciones.

1.6. Estudios previos

En el año 2005, el grupo de investigación TRANSMAR, perteneciente a la Universidad Politécnica de Cataluña, terminó el proyecto INECEU²¹, en el cual se realizó un exhaustivo estudio sobre la viabilidad de diferentes cadenas de transporte intermodales como alternativas al transporte por carretera en el SW de Europa.

Para ello, se partió de las cifras de tráfico que cruzan los Pirineos que proporciona el observatorio del transporte terrestre del Ministerio de Fomento, tomando principalmente los intercambios entre España y Francia, Italia y Alemania. Se analizó la naturaleza de las partidas más voluminosas intercambiadas, destacando los productos alimenticios, envasados y bebidas alcohólicas, exportados por la franja Sur, Sudeste y Levante de la península Ibérica. Los cuales junto a las partidas de graneles sólidos como materiales de construcción, chatarra y los graneles líquidos como los derivados de las refinerías y factorías petroquímicas.

El estudio tuvo en cuenta la preeminencia del camión en el transporte, por lo que se recomendó al sector marítimo su entendimiento con el mismo, ofreciendo alternativas intermodales por medio de buques de transbordo rodado o buques Ro/Ro o Ro/Pax.

Dicho estudio se extendió en el año 2007 con el posterior denominado *La sostenibilidad de las autopistas del mar y los buques de alta velocidad*. En esta ocasión se comparó el coste económico y medioambiental entre el transporte por carretera y el marítimo de corta distancia, en cinco líneas regulares con idénticos puntos de origen y destino. Se incluyó además la evaluación de diferentes tipologías de buques con diferentes potencias de máquina, y por ello

²¹ Intermodalidad entre España y Europa. Proyecto llevado a cabo por el Departamento de Ciencia e Ingeniería Náuticas de la UPC, financiado por el Ministerio de Fomento (2005).

con diferentes prestaciones medio ambientales. Analizando la viabilidad de la introducción de buques de alta velocidad en los tramos marítimos de dichas líneas multimodales. La base de datos que se usó como patrón de tarificación de las emisiones de los diferentes medios de transporte, se obtuvo de la red temática REALISE²², llegando a la conclusión de que los buques, a mayores velocidades, mayores niveles de consumo soportan y por ello tienen unas mayores emisiones de gases contaminantes. Además adolecen de una menor capacidad de carga, siendo usados eminentemente para transportar pasajeros. Esto último supone que estos medios de transporte sean extremadamente ineficientes desde el punto de vista del consumo de combustible por cada tonelada de carga transportada.

En lo concerniente a las prestaciones ambientales del transporte en general, se han realizado un elevado número de proyectos dirigidos a evaluar los costes externos del sector del transporte. De entre ellos podemos destacar algunos financiados en los 4º, 5º y 6º programas marco de la Unión Europea. Citaríamos entre ellos a los RECORDIT²³ (proyecto en el que se basó posteriormente el REALISE), ENTEC²⁴, UNITE²⁵, INFRAS²⁶, ExternE²⁷, MOPSEA²⁸, EMMOSS²⁹, EMSA³⁰, iTREN-2030³¹ y añadimos también las propuestas de la Organización Marítima Internacional, que posteriormente ampliaremos.

La hipótesis de gravar los costes marginales de todos los recursos públicos utilizados por el usuario, fue planteada en la comunicación (COM(95)691). Si el propio usuario percibe el coste completo derivado de sus acciones, estará en posición de hacer una elección más eficiente entre los diferentes modos de transporte. El argumento de la equidad, requiere que el usuario pague de alguna forma, por los costes y consecuencias que sus acciones provocan.

En el año 1998, el Libro Blanco (COM (98) 466), propuso medidas para unificar las tarifas cargadas por el uso de infraestructuras, en los diferentes países de la Unión Europea y en relación a los diferentes modos de transporte. El propio documento proponía un marco de tarificación basado en el concepto de “quien usa paga”, que incluyera el precio por cualquier coste externo que el usuario provoque. Dichos gravámenes deben basarse en los costes marginales, siendo

²² REALISE Project: *Regional Action for Logistical Integration of Shipping across Europe*. AMRIE. [<http://www.realise-sss.org>] (2005).

²³ Real cost reduction of door-to-door intermodal transport. AMRIE (2001).

²⁴ Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community. Chris Whall et al. (2002)

²⁵ Unification of accounts and marginal costs for transport efficiency, (2003).

²⁶ Report evaluating transport external costs, funded by UIC (2004).

²⁷ ExternE Project: Externalities of Energy, supported by the E.U.[www.externe.info] (2005).

²⁸ Monitoring Programme on air pollution from SEA-going vessels. Annick Gommers et al. (2006)

²⁹ Emission model for maritime, inland waterway and rail for Flanders. Transport & Mobility Leuven. (2007)

³⁰ Air emissions from ships working paper to inform member states' discussions in relation to the revision of MARPOL Annex VI, Workshops on air emissions from ships. (2007)

³¹ Proyecto iniciado en 2007 como herramienta de análisis de la red de transporte en la UE con un escenario de previsión hasta 2030 cubriendo transporte, energía, ambiente y economía.

estos variables en función del tipo de infraestructura usada, la hora del día, la distancia cubierta y el tamaño y desplazamiento de los vehículos utilizados.

El concepto de gravar con el coste marginal de uso, fue de nuevo planteado por el Libro Blanco del transporte del año 2001, (COM 2001(370)) Este argumento lleva implícito dos conceptos, siendo por un lado el gravamen por el uso de las infraestructuras y por otro la internalización de los costes externos generados.

En el proyecto UNITE (Nellthorp et al. 2001), se plantearon unos patrones de valoración de los costes externos relacionados con la accidentabilidad, que posteriormente se usaron en el proyecto RECORDIT. El primer componente planteado en el coste era la voluntad de pagar (willingness-to-pay WTP) por parte del usuario por la seguridad ante accidentes, el cual fue estimado en el proyecto UNITE donde los valores de riesgo para las heridas severas y las leves, fue evaluado en el 13% y el 1% del valor. Adicionalmente y de acuerdo otra vez con el proyecto UNITE, no se contempló la voluntad de pagar por parte de los acompañantes por su seguridad.

Para los costes relacionados con los daños por la contaminación, los estudios más recientes se han basado en el modelo ECOSENSE, conocido también como el modelo EXTERNE; desarrollado por IER dentro de la serie de proyectos EXTERNE. En esta serie de proyectos, se estableció un marco para traducir los impactos contaminantes en un valor monetario, partiendo de una clasificación de los impactos generados y las externalidades, estimación de los impactos sobre un escenario determinado, traducción de estos a un valor monetario y estimación del grado de sensibilidad.

Las diferencias en los resultados entre las diferentes actualizaciones del modelo, radican en la puesta al día de la tarificación de las emisiones y la inclusión de algunos impactos adicionales no contemplados. En el mismo, se realizaron diferentes asunciones en cuanto a la emisión de partículas, se introdujo el concepto de “años de vida perdidos” y se tomaron en cuenta las diferencias relativas al escenario particular de cada país dentro de la Unión Europea.

La evaluación de las externalidades por parte de las emisiones con efecto invernadero, se centran eminentemente en las de dióxido de carbono. Se considera que el valor de 37 céntimos de euro por tonelada emitida, procede del llamado “coste de evitación” que a su vez deriva de su estimación para lograr en objetivo específico. Este objetivo es el establecido por la OCDE para la reducción en el período contemplado en el protocolo de Kyoto, por parte de la Unión Europea. Dicho objetivo implica la reducción de las emisiones hasta un 5,2% en el período considerado.

Para obtener el citado valor, se realizó un análisis de efectividad versus coste, obteniendo dicha cantidad. Por último los costes derivados de la congestión, provienen del análisis efectuado en el proyecto RECORDIT, mediante la modelización de la interacción entre la demanda y la oferta de redes de carretera, consideradas. Las pérdidas de tiempo se cuantificaron mediante el uso de curvas de velocidad y flujo de tránsito, que mostraban el impacto que generaba un vehículo adicional en la velocidad del tráfico en general.

Los citados resultados sobre los costes externos, podrían compararse con los obtenidos en otros estudios a considerar como los INFRAS/IWW (2000), EXTERNE (2000), PETS (1998), QITS o TRENEN II STRAN (1998). Todos estos se centraron tanto en el transporte de pasajeros como el de mercancías, tomando los costes externos en general. Los resultados del proyecto RECORDIT y por tanto los del REALISE, se reflejaron en factores de emisión por cada uno de los gases contaminantes o generadores de calentamiento atmosférico, por tonelada de combustible consumido tanto por los vehículos de carretera como por parte de los buques. Siendo este el método utilizado por los autores para comparar las emisiones de una cadena unimodal por carretera, frente a su alternativa multimodal, por considerarlo el más apropiado y objetivo.

Otras aproximaciones, se han realizado en Europa, de las que también quisiéramos mencionar el MEET (Methodologies for estimating air pollutant emissions from transport), la cual describe entre otros modos de transporte, una metodología para calcular las emisiones de los buques de transporte marítimo. La compañía inglesa ENTEC UK Ltd. Llevó a cabo un estudio para la Comisión Europea, para cuantificar, entre otros aspectos, las emisiones de SO₂, NO, CO₂ e hidrocarburos, para el año 2000 en el Mar del Norte, el Mar de Irlanda, el Canal de la Mancha, el Mar Báltico y el Mediterráneo. Para el caso de las emisiones de partículas PM, cuantificó sólo las emitidas en puerto.

Debemos mencionar también por último a otros proyectos también de reconocida importancia en relación a la evaluación de los costes externos como el EMS (Emission registration and Monitoring for Shipping), llevado a cabo por la compañía Holandesa AVV (Adviesdienst Verkeer en Vervoer), cuyo objetivo fue el de cartografiar las emisiones de los buques de transporte marítimo en los canales de navegación interior en Holanda.

El proyecto TREMOVE, que significa Transport & Mobility Leuven, propuso su propio modelo denominado de la misma forma (TREMOVE) y la metodología establecida por ENTEC, para calcular y registrar las emisiones de los buques de navegación marítima. También mencionar el proyecto TRENDS (TRansport and ENvironment Database System), en el que se estableció una metodología para determinar las emisiones de los cuatro modos de transporte principales (carretera, tren, marítimo y aéreo). Precisamente la metodología de TRENDS, se usó en algunos módulos en el proyecto RECORDIT, como en el de "Consumo energético y contaminación aérea, del transporte ferroviario y marítimo". Sin embargo la mayoría de las metodologías comentadas, no contemplaban la evolución tecnológica de los buques, siendo la única excepción la postulada en el módulo EMS (Emission Inventory Methodology, 2003) que fue encargado por el gobierno holandés para cartografiar las diferentes emisiones contaminantes emitidas por los buques de navegación marítima e interior en Holanda, la cual fue posteriormente utilizada en el proyecto terminado MOPSEA e incluso el Extremis. El propio módulo EMS realizó una subdivisión por tipo de buque, combustible y tipo de máquina, para el cálculo de las emisiones de los buques de navegación marítima y considerando 3 diferentes estadios de navegación.

2. Las consecuencias ambientales de las actividades de transporte

La estrategia de desarrollo sostenible, planteada por la Unión Europea, se dirige eminentemente a lograr un mejor equilibrio modal y una reducción del impacto de las emisiones contaminantes en todos los medios de transporte, mediante una optimización de su utilización y su mejora tecnológica.

En relación al transporte por carretera, el Parlamento Europeo adoptó las medidas Euro V y Euro VI, que incrementan las exigencias en cuanto a los límites en las emisiones de los vehículos pesados, principalmente en las partículas microscópicas (PM) y los óxidos de nitrógeno (NO_x). Concretamente la normativa Euro V va a entrar en vigor en el mes de septiembre de este año 2009, estableciendo una reducción del 80% en los límites de emisión de las PM, medida que ante la tendencia de los motores diésel de utilizar mayores presiones de inyección para mejorar el rendimiento, supone tener que montar filtros en los escapes, para poder cumplir con los mencionados límites.

La normativa Euro VI, entrará en vigor en el año 2014 y establecerá límites más estrictos para reducir los óxidos de nitrógeno hasta un 68% respecto de los niveles actuales.

Las emisiones por parte del transporte marítimo, están reguladas por el Convenio MARPOL en su anexo VI, aparte de la normativa específica europea. Ambas se dirigen a la contención de los óxidos de azufre y de nitrógeno, para garantizar la sostenibilidad del transporte marítimo, ya que es en estos tipos de contaminantes, donde los motores marinos tienen una menor eficiencia, no por ellos mismos sino por la calidad de los combustibles utilizados.

De entre todos los medios de transporte, el marítimo es el responsable de las mayores cantidades de emisiones de SO₂ a la atmósfera, situación que sólo será compensada, mediante el uso de combustibles con un contenido menor de azufre o con el uso de sistemas de limpieza de los gases de escape. No obstante, debemos aclarar que el transporte marítimo sólo contribuye entre el 6% y el 12% de las emisiones antropogénicas globales³².

En cuanto a las emisiones de NO_x, en el año 2000 en Europa, sólo el 44% de las mismas eran atribuibles al transporte por carretera y el 36% al transporte marítimo³³. También el transporte por carretera, es responsable de la mayor parte de emisiones de CO₂, contribuyendo con un 91,7% de los gases de efecto invernadero en la Unión Europea. Si se introduce el transporte marítimo de corta distancia, dada la dificultad de incluir el transporte internacional oceánico, en el desglose de las emisiones de CO₂ en Europa, el primero contribuye con sólo el 6% de las emisiones de gases de efecto invernadero, lo

³² Chengfeng, W. et al. *The costs and benefits of reducing SO₂ emissions from ships in the US West Coastal waters*. Transportation Research Part D 12 (2007). pp. 577-588.

³³ TERM. Transport and Environment Reporting Mechanism. European Environment Agency. (2002).

que justifica el interés de Bruselas, por promocionarlo como alternativa, frente al de carretera.



Ilustración 2 Fotografía del buque “Fantastic” de Grandi Navi Velocci, como ejemplo de buque de transbordo rodado con capacidad para pasajeros, en el puerto de Barcelona.
Fuente www.merchantships.info.

Por ello, el balance de emisiones del transporte por carretera es menos positivo que en el caso del transporte marítimo. Ello justifica el interés de acciones de apoyo a cadenas de transporte intermodales, con tramos marítimos basados en el transporte marítimo de corta distancia, como forma de lograr la mayor sostenibilidad de las acciones de movilidad dentro de Europa. Además en términos de costes de congestión, accidentabilidad y ruido, el transporte marítimo incurre en una tasa menor en todos ellos y es por ello, considerado de largo como la mejor alternativa ³⁴.

No obstante, la incorporación progresiva de las naves de gran velocidad (NGV) en los tráficos de corta distancia, para poder competir en tiempos de entrega con el transporte por carretera, suponen unas altas tasas de consumo de combustible y por ello de emisiones contaminantes resultantes, consecuencia de las altas potencias de máquina requeridas para alcanzar esas velocidades. Además debemos de tener en cuenta que el precio de los combustibles durante el año 2008, sufrió un importante incremento, que se ha ido suavizando en este año 2009, pero sin llegar a los niveles anteriores del año 2008.

Otros condicionantes de las emisiones contaminantes en el transporte marítimo de corta distancia, es la edad de la flota considerada, dada la mayor antigüedad de los motores que equipan los buques y el número de viajes realizados, por el incremento de rotaciones que necesitaría una línea para absorber la mayor cantidad de carga.

³⁴ Comisión europea. The White Paper on Transport: towards 2010. Time to decide. Bruselas (2001).

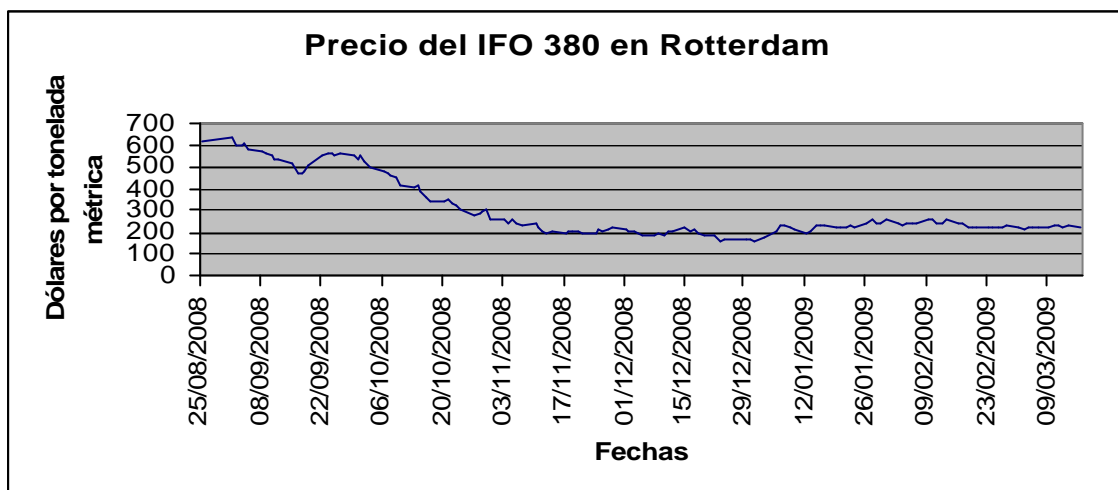


Ilustración 3 Gráfico mostrando la evolución del precio del combustible IFO 380 en dólares por tonelada métrica en un período de 8 meses. Fuente propia basado en www.bunkerworld.com.

2.1 Contexto

El transporte marítimo de corta distancia tiene una capacidad considerable para dar respuesta al incremento en la demanda que durante los próximos años va a experimentar el transporte de mercancías intra-europeo.

Además, el SSS tiene la capacidad de hacerlo de una forma más eficiente, hablando en términos de sostenibilidad que el transporte por carretera, ya que en él, los costes externos son bajos y la eficiencia energética es alta. Así pues, el transporte marítimo genera menos contaminantes atmosféricos que el terrestre, sobretodo el realizado por carretera, si se mide por unidad de transporte realizada (viajero x kilómetro o tonelada x kilómetro).

Sin embargo, y a pesar de ello, existen dos factores que hacen que esta brillantez de la que hace gala el transporte marítimo quede irremediamente empañada debido a los altos índices que registra en las emisiones de NO_x y SO_x, haciéndole perder enteros a la hora de apostar por éste como sólida alternativa al transporte terrestre.

Para paliar este problema, desde la IMO se adoptaron medidas como la inclusión del Anexo VI de MARPOL 73/78, para limitar las emisiones de SO₂ y NO_x de los buques a la atmósfera³⁵. Esta preocupación por las emisiones de gases se hizo más tarde extensiva para los gases que provocan el efecto invernadero.

Varios estudios demuestran que la aportación negativa que los buques hacen con sus emisiones a la atmósfera, va a verse incrementada durante los próximos años hasta el 2020-2030. Esto, viene motivado por dos razones principales: por un lado el largo período de explotación comercial que tienen

³⁵ El Anexo VI del Convenio MARPOL 73/78, también conocido como Protocolo de 1997, fue presentado y aprobado el 26 de septiembre de 1997 y entró en vigor el 19 de mayo de 2005.

los barcos debido a su larga durabilidad constructiva y tiempo de amortización, que hacen que la tecnología aplicada en éstos no pueda ser renovada con la misma rapidez con la que lo hacen los adelantos tecnológicos, y en relación a éstos con las normativas a aplicar. Y por el otro lado, tenemos las cada vez más estrictas políticas europeas³⁶ actuales y futuras que regulan los límites máximos de las emisiones de los vehículos de carretera.

De aquí se desprende que el transporte por carretera mejore y reduzca su impacto medioambiental a un ritmo mucho más rápido que el transporte marítimo, debido en parte al corto ciclo económico de los vehículos terrestres, a los cuáles se les pueden incorporar mucho más rápidamente los últimos avances tecnológicos.

Para los barcos, no ha existido una tradición de directivas europeas al estilo del transporte por carretera, por estar éstos considerados como un medio de transporte más sostenible que el terrestre, y esto era así hasta más o menos principios de los años noventa. A partir de ahí, los buques han continuado siendo vehículos más eficientes en el ratio tonelada-kilómetro si nos referimos a su eficiencia energética, pero ya no tanto a su bondad medioambiental, que durante los últimos años ha ido resultando cada vez menos obvia.

Así pues, desde la IMO se están tomando cartas en el asunto a nivel internacional, y a su vez, desde la Unión Europea a nivel comunitario también como la Directiva 2005/33/EC³⁷.

En el mundo marítimo, a diferencia de otros ámbitos, los programas de observación y control de emisiones están en pleno desarrollo, y es por ello que la contaminación generada por buques en navegación no está siendo por el momento atribuida a ningún país determinado. Esto es debido a la dificultad que existe para determinar a qué país se debe asignar, ya que existe una gran diferencia entre los lugares de compra del combustible y los lugares dónde las correspondientes emisiones se emiten posteriormente. Estas emisiones se están dejando de lado en programas internacionales como el *Protocolo de Kyoto*, el *UNFCCC*³⁸ europeo, y el *IPCC*³⁹. No obstante ello, la Agencia de Seguridad Marítima Europea, ha estado analizando las imágenes del rastro de emisiones contaminantes, proporcionadas por el satélite europeo ENVISAT, como forma de cuantificar dichas emisiones en las costas europeas.

2.2 Definición de los costes externos

Como coste externo, se entiende por el precio que puede asignarse a las consecuencias directas del ejercicio de una actividad, como en este caso el transporte. Como tales, vamos a considerar las emisiones contaminantes, por

³⁶ Directivas 98/69/EC para turismos, 98/69/EC para vehículos de carga ligeros, y 1999/96/EC para vehículos de carga pesados.

³⁷ La EU Directiva 2005/33/EC entró en vigor el 11 de agosto de 2005.

³⁸ *UNFCCC*, United National Convention on Climate Change.

³⁹ *IPCC* Intergovernmental Panel on Climate Change.

su efecto propiamente de polución así como por su efecto de calentamiento atmosférico; los accidentes, la congestión y el ruido generado.

El principal foco de costes externos generado por el transporte, lo constituyen las emisiones de contaminantes a la atmósfera, sobretodo de gases que contribuyen a la modificación del clima. Entre ellos los que propician el efecto invernadero⁴⁰, los de efecto más local como los compuestos volátiles y los óxidos de nitrógeno y de azufre, que contribuyen a las lluvias ácidas y a la creación de ozono troposférico. Además de otros que afectan fundamentalmente al medio ambiente local, como el monóxido de carbono y el plomo o la emisión de partículas, que provocan o agravan enfermedades respiratorias, alérgicas o cancerosas.

Como efecto de calentamiento de la atmósfera (o efecto invernadero), lo definimos como fenómeno natural que permite la absorción de parte de la radiación de onda larga que la superficie terrestre emite y que de otra forma se perdería en el espacio. Ello se consigue debido a la existencia de ciertos gases en la atmósfera que son capaces de absorber esa parte de las radiaciones y con ello mantener una temperatura superior en el planeta, que la que habría en su ausencia. El aumento de la concentración de algunos de estos gases como el dióxido de carbono, que provienen del uso de combustibles fósiles, puede ser un factor que haya intensificado este fenómeno, y como consecuencia contribuido a un ascenso de la temperatura global. Se prevé que la temperatura de la Tierra subirá entre 1,8º C y 4º C este siglo, y el nivel del mar entre 18cm y 59 cm⁴¹.

Dentro del conjunto de costes externos generados por el transporte, vamos a diferenciar entre los costes medioambientales y los no medioambientales, siendo detallados a continuación.

2.2.1. Costes externos medioambientales

Se consideran como tales, los derivados de la contaminación local del aire, del calentamiento global y la contaminación acústica.

a) Contribuyentes a la contaminación local del aire

Dióxido de azufre (SO₂)

Resultado de la combinación del azufre contenido en los combustibles y el oxígeno. Su posterior combinación con la humedad del aire, genera ácido sulfuroso y sulfúrico, cuya deposición en la flora y obra antropogénica, produce daños en la misma. Se debe de tener en cuenta porque los combustibles marinos contienen una elevada proporción de azufre. Las embarcaciones consumen combustibles extremadamente sucios que contienen en promedio

⁴⁰ Éstos son los clorofluorcarburos, el dióxido de carbono y el metano.

⁴¹ Conclusión del cuarto informe realizado por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC). <http://www.ipcc.ch/>.

del 2,5-3,0% de azufre, casi 3.000 veces más que el contenido de azufre en el diésel utilizado en carretera en Europa.

En el ámbito marítimo, se distingue entre dos categorías principales de combustibles: **combustibles pesados para buques** (HFO de su definición en inglés), que tiene una alta viscosidad y normalmente un alto contenido de azufre, y los **destilados marítimos livianos**. Estos últimos se dividen a su vez en dos grupos: diésel marino (MDO de su definición en inglés) y el gas oil marino (MGO). De estos, el MGO es el más “ligero” por lo cual tiene menor viscosidad y algunas veces un menor contenido de azufre. Las embarcaciones de gran tonelaje utilizan el HFO (o IFO) como combustible estándar.

Fórmula	Nombre	Valencia del Azufre	Propiedades
SO ₂	Dióxido de Azufre	4	gas incoloro y no inflamable, olor acre e irritante a concentraciones superiores a 3 ppm, muy soluble en agua
SO ₃	Trióxido de Azufre	6	gas incoloro y muy reactivo, en condiciones normales no se encuentra SO ₃ en la atmósfera debido a que reacciona rápidamente, con la humedad, formando SO ₄ H ₂ .

Tabla 1: Tabla especificando las diferentes combinaciones entre el azufre y el oxígeno para formar los SO_x (Combinaciones variables de SO₂ y SO₃)

Óxidos nitrosos (NO_x)

Son compuestos binarios gaseosos, producto de la combinación en proporciones variables de oxígeno y nitrógeno. Presentes en la atmósfera por vías naturales y/o fuentes antropogénicas. En relación al transporte, se generan en procesos de combustión de hidrocarburos a altas temperaturas (> 1300°C), como las alcanzadas en las cámaras de combustión de los motores de combustión interna, tanto de explosión como diésel.

Fórmula	Nombre	Valencia Del Nitrógeno	Propiedades
N ₂ O	Óxido Nitroso	1	Gas incoloro soluble en agua
NO N ₂ O ₂	Óxido nítrico Dióxido de dinitrógeno	2	Gas incoloro ligeramente soluble en agua
N ₂ O ₃	Trióxido de dinitrógeno	3	Sólido negro, soluble en agua, se descompone en agua
NO ₂ N ₂ O ₄	Dióxido de nitrógeno Tetraóxido de dinitrógeno	4	Gas marrón rojizo, muy soluble en agua, se descompone en agua
N ₂ O ₅	Pentóxido de dinitrógeno	5	Sólido blanco, muy soluble en agua, se descompone en agua

Tabla 2: Tabla especificando las diferentes combinaciones entre el nitrógeno y el oxígeno. Los más perjudiciales son el óxido nítrico, el dióxido de dinitrógeno, el dióxido de nitrógeno y el tetróxido de dinitrógeno.

Sus fuentes primarias son todos los procesos de combustión de hidrocarburos, entre ellos los motores diésel y gasolina de los vehículos, plantas de generación de electricidad (térmicas) o procesos industriales (producción de ácido nítrico). Los subproductos de la combustión, aparte del dióxido de carbono y del vapor de agua son los NO_2 , N_2O y el NO . Estos compuestos reaccionan en la atmósfera con otros compuestos formando ozono troposférico no deseado, ácido nítrico y partículas de nitratos. Concretamente el dióxido de nitrógeno es un gas inerte de carácter anestésico que contribuye al efecto invernadero (absorbe 200 veces más radiación infrarroja que el CO_2), y a la destrucción de la capa de ozono.

Cuando cualquiera de estos óxidos se disuelve en agua y descompone, se forma ácido nítrico (HNO_3) o ácido nitroso (HNO_2). El ácido nítrico forma sales de nitrato cuando es neutralizado. El ácido nitroso forma sales de nitrito. De esta manera, los NO_x y sus derivados existen y reaccionan ya sea como gases en el aire, como ácidos en gotitas de agua, o como sales. Estos gases, gases ácidos y sales contribuyen en conjunto a los efectos de contaminación que han sido observados y atribuidos a la lluvia ácida⁴².

En la mar, los buques emplean motores diésel para propulsarse y como generadores auxiliares, los contaminantes derivados son depositados principalmente en mar abierto, pero más de las dos terceras partes de la contaminación generada en los barcos ocurre hasta 400 Km de la costa. Esto implica que los mayores impactos sobre la salud recaen en los habitantes de la costa donde se desarrollan rutas comerciales regulares.

Monóxido de carbono (CO)

Es un gas incoloro, inodoro e insípido y muy tóxico. Las principales fuentes de emisión son los motores de explosión. El monóxido de carbono se produce debido a la oxidación parcial del carbono en la combustión de los combustibles. Aunque su valor industrial es alto, durante los procesos de combustión para obtener energía es completamente indeseado por su alta toxicidad y los problemas de contaminación que se le asocian, sobre todo en la formación de metano y el ozono troposférico.

nm-VOC

El grupo de los compuestos no metánicos volátiles, agrupa una gran cantidad de grupos de compuestos químicos entre los que se incluyen los hidrocarburos alifáticos, los aromáticos y los hidrocarburos clorados; aldehídos, cetonas, éteres, ácidos y alcoholes. Los principales efectos de los mismos sobre el medio ambiente son en general sus efectos nocivos sobre la salud humana y los ecosistemas, desperfectos sobre los materiales, formación de oxidantes fotoquímicos troposféricos y aumento del ozono troposférico y de los olores.

Partículas en suspensión (PM^{43})

Incluye todas las partículas sólidas y líquidas que se encuentran suspendidas en el aire con un tamaño en general menor de 10 micras, la mayor parte de las cuáles suponen un peligro para la salud. Esta mezcla compleja contiene, entre

⁴² Boletín EPA-456-F-00-002 sobre los óxidos de nitrógeno

⁴³ PM, del inglés Particulate Matter.

otras cosas, polvo, polen, hollín, humo y pequeñas gotas. En Europa los sulfatos y la materia orgánica son los principales componentes del conjunto de partículas en suspensión que contaminan el aire.

Por otro lado, entre los compuestos que contribuyen al calentamiento de la atmósfera, dada su capacidad de absorber las radiaciones de determinada longitud de onda, podemos distinguir a los siguientes:

Dióxido de Carbono (CO₂)

Es el principal agente contribuyente en el efecto invernadero, siendo uno de los gases que en mayor proporción se produce por la combustión de combustibles fósiles. Su formación es inevitable y químicamente hablando, se genera estequiométricamente en proporción directa al volumen de hidrocarburos quemados. Por cada litro de diésel consumido, se producen alrededor de 2,7 Kg de dióxido de carbono. Dado que se trata de un compuesto que se genera naturalmente en todos los procesos de combustión incluida la respiración de los seres vivos, forma parte del ciclo natural del carbón. Sin embargo y a partir de la revolución industrial, las emisiones de CO₂ han aumentado drásticamente y gradualmente de forma que el ciclo ha sido roto, depositándose en la atmósfera un excedente de este gas, al cual se le responsabiliza del calentamiento global.

Otros compuestos contaminantes de la atmósfera no asociados directamente al transporte son:

Metano (CH₄)

Se contempla dentro de los agentes que contribuyen al efecto invernadero. Siendo su generación (aparte de los procesos de descomposición naturales) eminentemente antrópica como gases de exhaustación en las plantas petrolíferas en los procesos de combustión.

Nitrógeno (N)

Como componente de los óxidos del mismo o como molécula aislada, contribuye a la inertización del ambiente y además a la absorción de la radiación de onda larga.

Azufre (S)

Como molécula aislada es una partícula que tiene un comportamiento refractario de la radiación a corto plazo, por lo que aparte de su papel de agente contaminante, tiene un efecto negativo en el calentamiento global. De forma que su cómputo como coste por calentamiento global se contabiliza en valor negativo.

Contaminación acústica

Aparte de la medida de su intensidad acústica en dB(A), que determina la molestia producida por el ruido, también se determina a partir de la fuente que lo produce, su duración, frecuencia, la (dis)continuidad, así como ciertas características específicas. Tiene efectos adversos sobre la salud de las personas.

Como recomendación general en la última Conferencia sobre el Desarrollo del Comercio Internacional de las Naciones Unidas llevada a cabo en diciembre del año 2008 y la Reunión Plurianual de Expertos sobre el Transporte y la Facilitación del Comercio, en Ginebra en Febrero de 2009; se ha sugerido que el incremento en el uso del transporte marítimo, incluido el transporte multimodal podría alcanzar algunas ganancias en las emisiones de CO₂, los gases contaminantes y de efecto invernadero y la eficiencia energética. Ya que para transportar diferentes tipos de bienes y personas en diferentes distancias, se deben emplear diferentes modos de transporte, el transporte multimodal debería ser una buena opción, pero sólo para segmentos específicos del mercado (por ejemplo el Transporte Marítimo de Corta Distancia en Europa). Hoy en día este mecanismo es técnica y económicamente viable como lo demuestran varios estudios y proyectos en marcha, sin embargo, su adopción generalizada depende de la creación de una política gubernamental decidida que fundamente y enfatice en la importancia del transporte multimodal.

2.2.2. Costes externos no medioambientales

Aunque no siguen un criterio medioambiental, por su condición de costes no totalmente internalizados, se les considera dentro de la categoría de costes externos.

- *Accidentes*

Cuestan al año 200.000 millones de euros, el equivalente al 2 por ciento del PIB de toda la Unión Europea.

- *Congestión*

Consiste en la congestión del tráfico en horas punta que conlleva la pérdida de horas en los atascos y el consiguiente despilfarro de recursos. Según algunos estudios recientes se ha observado que a lo largo de los últimos 20 años, los períodos considerados como de tráfico congestionado, son cada vez más prolongados, mientras que las velocidades medias de avance se han reducido.

Los daños causados por las congestiones suponen para la Unión Europea, un coste de 50.000 millones de euros anuales, o el equivalente a un 1% de su PIB en el año 2001.

3. Legislación medioambiental internacional

3.1. Normativa aplicable al transporte por carretera

Actualmente, el transporte terrestre, integrado eminentemente por el automóvil y el camión, está considerado como la fuente principal de emisiones a la atmósfera, en las principales ciudades europeas. Estas emisiones provocan que los habitantes de éstas, estén sometidos a niveles de contaminación atmosférica muy superiores a los recomendados por la OMS⁴⁴.

Este hecho, y la preocupación derivada del mismo, es el que motivó al Parlamento Europeo a adoptar en diciembre de 2006 las normas Euro V y VI, en virtud de las cuales se endurecerá de forma paulatina la normativa sobre emisiones contaminantes a la atmósfera, por parte de los vehículos de carretera, especialmente en lo relativo a los límites de emisión de partículas y óxidos nitrosos (NOx).

La norma Euro V entrará en vigor el próximo 1 de septiembre de 2009, suponiendo un descenso de aproximadamente el 75% del límite de emisión de partículas. Esta norma establece la obligatoriedad de instalar en los modelos de vehículos diésel nuevos un filtro de partículas, aplicándose a los modelos existentes a partir de enero de 2011.

La norma Euro VI entrará en vigor en el año 2014 restringiendo todavía más las emisiones de contaminantes contempladas por la norma Euro V.

Emisiones	Transporte por carretera (motor diésel)				
	Euro III	Euro IV		Euro V	
	Autopista	Autopista	Congestión	Autopista	Congestión
SO ₂ (g/kg fuel)	0,8	0,114	0,071	0,114	0,071
NO _x (g/kg fuel)	56,25	28,125	8,980	3,661	5,131
CO (g/kg fuel)	6,7	5,750	2,780	5,750	2,780
CH ₄ (g/kg fuel)	0,3	0,095	0,104	0,095	0,104
nm-VOC (g/kg fuel)	2,9	2,316	1,558	2,316	1,558
CO ₂ (g/kg fuel)	3323	3323,000	3534,000	3323,000	3534,000
PM (g/kg fuel)	1,8	0,450	0,111	0,450	0,111
S (g/kg fuel)	0,35	0,050	0,050		

Tabla 3: Perfiles de las emisiones para el transporte por carretera (motor diésel) en carreteras no congestionadas (autopista), y carreteras en congestión. Fuente: ICF, proyecto Realise.

⁴⁴ Organización Mundial de la Salud (OMS).

3.2. Normativa aplicable al transporte marítimo

Como se ha mencionado anteriormente, las políticas de control medioambiental que desde hace años se han venido aplicando al transporte por carretera, han hecho que éste haya reducido significativamente y de forma progresiva pero a la vez bastante rápida, el total de sus emisiones a la atmósfera. En el entorno marítimo el punto de partida ha sido bastante posterior, y por lo tanto aún está en pleno proceso de desarrollo, pero desde que se comenzó a detectar que su porcentaje de participación en la aportación al total de emisiones estaba aumentando, desde la Unión Europea, se comenzó a tomar en consideración lo que hasta ese momento, no se había considerado nunca un problema.

La Comisión Europea con la publicación del Libro Verde⁴⁵ de 1992, empezó a estudiar el impacto medioambiental producido por los modos de transporte en general, en el ámbito del mercado de la Unión Europea.

Las Directivas 1993/12/EEC y 1999/32/EC además, también pretendían regular el contenido de azufre de los combustibles líquidos. La segunda, en concreto se aplica a los gasóleos marinos, y todos los combustibles marinos destilados⁴⁶, pero sin embargo dicha directiva no es aplicable al tipo de combustible marino más utilizado, el fuel oil intermedio y pesado o IFO y HFO⁴⁷, de paso, establece que la Comisión deberá considerar qué medidas deben ser llevadas a cabo para reducir la contribución a la acidificación de la combustión de los combustibles marinos distintos de los destilados.

El objetivo de la actual Directiva 2005/33/EC es reducir el impacto de las emisiones de buques en cuanto a dióxido de azufre (SO₂ o SO_x) y el de las partículas PM en la acidificación del medioambiente y en la salud humana.

En concreto los límites establecidos en el contenido de dióxido de azufre de los combustibles marinos se establece en los siguientes:

- Límite del 1,5% m/m en los combustibles marinos usados por todos los buques en navegación por las zonas del Mar Báltico, el Mar del Norte y el Canal de la Mancha, en línea con los límites de azufre establecidos en el Anexo VI de MARPOL, y de acuerdo con las áreas denominadas SECAs (Sulphur Emission Control Area);
- Un límite del 0,1% m/m en los combustibles marinos ligeros utilizados por buques en puerto y por buques en aguas interiores⁴⁸.

⁴⁵ Green Paper of the European Community "The impact of Transport on the Environment", 1992. Realizado por la Comisión a petición del Parlamento Europeo en septiembre de 1991, para ser presentado al Consejo como programa de optimización de la protección medioambiental en el mercado de transporte europeo.

⁴⁶ Grados DMX y DMA, conocidos como gasóleos marinos, pero también los grados DMB y DMC, conocidos como diesel oil marinos.

⁴⁷ El límite para fueles pesados (1% por masa) indicado en la Directiva (artículos 3 y 4) no se aplica a los combustibles líquidos derivados del petróleo utilizados por los buques, excepto fueles para gasóleos marinos.

⁴⁸ Esta medida está prevista que entre en vigor a partir del año 2010.

Estos límites no se aplicarán en el caso de que los países miembro, tomen otras medidas utilizando nuevas tecnologías para reducir las emisiones, consiguiendo los mismos resultados.

Directiva	Entrada en vigor	Contenido máximo de S (% m/m)	Aplicable en
EU 93/12/EEC	01/10/1994	0,2	-Aguas territoriales ⁴⁹ -Gasóleos, incluye gasóleos marinos
EU 1999/32/EU	01/07/2000	0,2	-Aguas territoriales -Gasóleos, incluye gasóleos marinos
EU 2005/33/EC	19/04/2006	1,5	-En áreas SECAs y por buques de pasaje -Fueles marinos
	01/01/2010	0,1	-Para buques en aguas interiores y buques en navegación atracados en puertos de la U.E. ⁵⁰ . -Fueles marinos

Tabla 4: Directivas relativas al contenido de azufre en los combustibles marinos. Fuente: elaboración propia a partir de SPSP II Monitoring Programme on air pollution from sea-going vessels (MOPSEA).

Desde 1979, han existido varios acuerdos y convenios internacionales en materia de política medioambiental, pero ninguno de ellos hacía referencia a las emisiones de buques. El *The Convention on Long-range Transboundary Air pollution* de 1979⁵¹, fue el primero de ellos. Y así, del Tratado de Génova de 1979, surgieron los protocolos de Helsinki 1985, Sofía 1988, Génova 1991, Oslo 1994, Aarhus 1998 y Göteborg 1999. De la Convención de Viena de 1985 surgieron a su vez el Protocolo de Montreal de 1992; y de la Conferencia de Río de 1992, el Protocolo de Kyoto de 1997.

No fue hasta la aparición del OSPAR de 1992, el NSC de 1984, y el MARPOL 73/78, sobretudo con su Anexo VI, cuando se empezó a tratar directamente la problemática de la contaminación del aire por parte del sector marítimo.

3.2.1. La OMI y el Anexo VI del convenio MARPOL

Desde la adopción por parte de la OMI del Convenio MARPOL 73 y de su posterior modificación en 1978, varios anexos han sido aceptados, y entre ellos el que nos ocupa es el Anexo VI, que tras ser aceptado el 26 de septiembre de 1997, entraría en vigor 12 meses más tarde siendo ratificado por 15 Estados miembros con no menos del 50% del tonelaje mundial. Samoa, el quinceavo Estado en hacerlo, depositó su ratificación el 18 de mayo del 2004.

⁴⁹ Las aguas territoriales incluyen las zonas marítimas hasta 12 millas náuticas desde la línea de base, así como las aguas interiores.

⁵⁰ Tiempo mínimo de estancia de dos horas.

⁵¹ The Convention on Long-range Transboundary Air pollution 1979, entró en vigor en 1983.

Actualmente, ha sido ratificado por los países que constituyen el 54,57% del tonelaje de flota mundial, y entró en vigor el 19 de mayo de 2005.

El Anexo VI incluye valores límite para las emisiones de óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, y prohíbe también la emisión deliberada de sustancias destructivas de la capa de ozono, (incluyendo los halones y clorofluorocarbonos (CFCs)). Están prohibidas las instalaciones nuevas que contengan este tipo de sustancias en cualquier barco pero las instalaciones nuevas que contengan hidro-clorofluorocarbonos (HFCFs) están permitidas hasta el 1 de enero del año 2020.

Establece límites en las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) para motores diésel dependiendo de su velocidad máxima operativa. Esto queda establecido en el *NO_x Technical Code*, desarrollado también por la OMI.

Velocidad del motor – n (rpm)	$N < 130$	$130 = n < 2000$	$N = 2000$
Valor límite (g/kW)	17,0	$45 * n^{-0,2}$	9,8

Tabla 5: Límites de emisiones de NO_x para buques en navegación según el Anexo VI de MARPOL. Fuente: elaboración propia a partir del SPSP II Monitoring Programme on air pollution from sea.

Los límites para las emisiones de NO_x se aplican a todo buque mayor de 400GT y a cualquier plataforma de perforación, fija, móvil o de cualquier tipo. Este código define los procedimientos para probar, inspeccionar y certificar los motores diésel marinos, para asegurarse que cumplen con los límites de emisión de NO_x establecidos por el mismo.

Los requerimientos para el control de emisiones, se aplican a todo motor que desarrolle una potencia mayor de 130kW instalados en buques construidos después del 1 de enero del 2000 y a cualquier motor que haya sido transformado a una conversión mayor después del 1 de enero del 2000.

Además de los límites para el NO_x , el Anexo VI también incluye valores límite para las emisiones de SO_2 , siendo un límite global asumido en cuanto al contenido de azufre en el combustible para buques en navegación del 4,5%, y establece también dos áreas de control de emisiones (SECAs), en las cuales las restricciones de emisiones de óxidos de azufre son más rígidas, ya que es obligatorio el uso de combustibles con un contenido máximo de azufre de hasta el 1,5% m/m. Alternativamente, los buques deben disponer de un sistema de limpieza de gases de escape o usar cualquier otro sistema que limite las emisiones de NO_x de forma equivalente.

El Anexo prohíbe también la incineración a bordo de ciertos productos, tales como materiales procedentes de embalajes contaminados y bifenilos policlorinados (PCBs) *polychlorinated biphenyls*.

Se establece un programa de inspecciones periódicas para extender al buque inspeccionado con éxito, el “*International Air Pollution Prevention Certificate*”, con una validez de 5 años.

3.2.2. La OMI y los gases de efecto invernadero

El Convenio MARPOL no establece ninguna directriz o recomendación acerca del control en la emisión de gases de efecto invernadero. En noviembre del año 2003, la OMI adoptó la resolución relacionada con este tema A.963(23)⁵².

En la 52ª sesión del MEPC⁵³, el Comité realizó progresos en el desarrollo de las *Guidelines on the CO₂ Indexing Scheme*, con las cuáles instaba a los estados miembro a que de forma urgente llevaran a cabo pruebas usando el esquema propuesto en el documento, para una posterior presentación de los resultados obtenidos en la siguiente sesión. Una de las propuestas para llevar esto a la práctica consistía en el desarrollo de un sistema simple que pueda ser usado voluntariamente por los operadores de buques durante un período de prueba, para asignar un índice de emisiones de CO₂ a sus buques.

El Comité MEPC, reconoció que las recomendaciones de la OMI al respecto de los gases de efecto invernadero, debían dirigirse a todos los seis gases contemplados por el Protocolo de Kyoto⁵⁴.

En el mes de octubre del año 2008, la 58ª sesión del MEPC aprobó las enmiendas citadas para reducir la emisión de sustancias perniciosas por parte de los buques. En general se estableció que para el mes de Enero del año 2012, se redujera el contenido máximo de azufre en los combustibles pesados marinos, del 4,5% al 3,5%, y posteriormente al 0,5% con fecha de efecto en el mes de enero del año 2020. Esto último sujeto a una revisión durante el año 2018.

El límite en el contenido de azufre en las SECA's se deberá de reducir el 1 de Julio del año 2010, del 1,5% al 1%, siendo posteriormente reducido al 0,10% en el mes de enero del año 2015.

También se aprobaron ulteriores reducciones en las emisiones de NOx, estipulando los requisitos conocidos como Tier 3, para los motores de todos los buques construidos a partir del 1 de enero del año 2016, que operen en las SECA's

También se permitirá el establecimiento de nuevas SECA's para el control de las emisiones de óxidos de azufre, de nitrógeno y PM, en todos aquellos casos

⁵² Resolución A.963(23) IMO Policies and practices relate to the reduction of greenhouse gas emissions from ships.

⁵³ MEPC, Marine Environment Protection. La sesión 52ª del MEPC fue celebrada en octubre del año 2004.

⁵⁴ Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFCs), Perfluorocarbonos (PFCs) y Sulfuro hexafluorado (SF₆).

en los que se demuestre su efecto beneficioso en cuanto a prevención, reducción y control; de estos contaminantes, y a propuesta de cualquier parte del convenio.

Todas estas emiendas entrarán en vigor por el procedimiento de aceptación tácita, el 1 de julio del año 2010.

3.3. Emisiones de los buques

Desde la OMI se están llevando a cabo estudios para redefinir los límites máximos en cuanto a las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera por parte de los buques.

De modo que se pretendía durante el año 2008, aprobar una serie de enmiendas que revisaran el Anexo VI del MARPOL, en lo referente a la emisión de partículas, así como el código asociado *NOx Technical Code* que regula la emisión de óxidos de nitrógeno de los barcos. Una vez aprobadas, estas entrarían en vigor en marzo del año 2010.

Existen diferentes opciones en la revisión del Anexo VI, en cuanto a los límites de contenido de azufre en los combustibles, con opiniones a favor de que exista un único límite bajo para el contenido de azufre en el combustible, y otras que prefieren únicamente aplicar límites más estrictos en las áreas marítimas más vulnerables.

Consumo de fuel y emisiones de buques (Tm)	2020 Situación inicial	2020 Total fuel cambiado de HFO a destilado	2020 Fuel cambiado de HFO a destilado en áreas costeras
Consumo total de fuel	486	467	474
Consumo de HFO	382	0	137
Consumo de fuel destilado	104	467	337
Emisiones de CO ₂ de buques	1475	1442	1453
Emisiones de CO ₂ por balance ácido del agua de mar	30	6	15
Reducción de emisiones de CO ₂ desde la situación inicial	---	58	37
Emisiones de SO ₂ de buques	21,6	4,7	10,8
Reducción de emisiones de SO ₂ desde la situación inicial	---	16,9	10,8
Reducción de emisiones de SO ₂ desde la situación inicial (%)		78,2	50

Tabla 6: Emisiones de CO₂ y SO₂ estimadas en el año 2020. Fuente: elaboración propia a partir del artículo Ship's emissions reach crucial stage.

Por otro lado, el Anexo VI del convenio MARPOL, nunca fue diseñado para cumplir con los protocolos relacionados con el cambio climático y la reducción en la emisión de gases que potencian el efecto invernadero, tales como el dióxido de carbono (CO₂). Sino más bien para controlar precisamente las emisiones de óxidos de azufre (SOx) provenientes de la combustión de fuelóleos pesados. Por esta razón se pretendía incluir dentro de la revisión del Anexo VI, la preocupación por la reducción de emisiones de CO₂.

En este aspecto de la reducción de emisiones, aparecen nuevos parámetros o consideraciones a tener en cuenta. En referencia a la reducción de emisiones de óxidos de azufre, desde la *International Chamber of Shipping* se advierte que un cambio hacia el uso de combustibles con bajo contenido en azufre, no estaría justificado en tanto que el proceso necesario para conseguirlo por parte de las refinerías en tierra, supondría un aumento de las emisiones de CO₂, obteniéndose de esta manera un efecto contrario al deseado inicialmente.

Estas opciones mencionadas, se basan en tres líneas de trabajo principales para la posterior modificación del Anexo VI del convenio MARPOL, y siempre referidas a la limitación en la emisión de óxidos de azufre a la atmósfera.

La primera de ellas pasa por no realizar ningún cambio en la normativa actual en los requerimientos de la Regla 14 del Anexo VI, la cual establece un 4,5% de contenido de azufre para cualquier zona del mundo, y un 1,5% máximo para las zonas designadas por la IMO como "*Sulphur Emission Control Areas*" (SECAs). Sólo existen dos áreas de este tipo, la del Báltico y el Mar del Norte y Canal de la Mancha, en vigor desde Mayo de 2006 y Noviembre de 2007 respectivamente.

La segunda, propone un único límite global del 1,00%⁵⁵ en el año 2012, que se vería reducido al 0,50% en el año 2015. Otra medida como variación de la opción global y regional, la cual propone el mismo límite global del 4,50%, y un 0,10% para las SECAs en el año 2012.

Existen otras propuestas basadas en un único límite global, que para su cumplimiento se debería utilizar o bien combustible destilado o bien mecanismos alternativos como sistemas de limpieza de los gases de escape.

Por último, la tercera opción propone la aplicación de un límite global del 3,00% para el año 2012; un límite del 1,00% para las SECAs en el año 2010, reducido al 0,50% en el año 2015; y otro del 0,10% para áreas denominadas Micro-SECAs⁵⁶.

Algunos países escandinavos y europeos, así como los Estados Unidos, instan a la OMI para que influya legalmente en la determinación del contenido de

⁵⁵ Este porcentaje equivale a 10.000 ppm (partes por millón).

⁵⁶ Esta área está establecido en una distancia de no más de 24 millas náuticas desde la línea de base, pero no se extiende dentro de estrechos usados para navegación internacional. Se pueden considerar áreas Micro-SECAs las zonas portuarias, de hecho desde el 1 de enero de 2010, los puertos de la Unión Europea pasarán a tener esta condición, por ello los buques que recalen en ellos deberán utilizar fueles con un contenido máximo de azufre del 0,10%.

azufre en los fueles marinos, y para que establezca un método estándar de regulación, que evite posibles disputas legales y técnicas, ya que actualmente no se indica un criterio técnico concreto. Sin embargo, países como Grecia se oponen a que la OMI interfiera en el criterio de calidad del combustible que según su gobierno, es competencia de la ISO⁵⁷.

OPCIÓN	Límites de sulfuro recomendados y año de entrada en vigor		
	Límite Global	Límite Regional (SECAs)	Límite Micro-SECAs
Opción 1: límite global único	1% (2012)	-	-
Opción 2: límite global + regional (SECAs)	4,5% (Actual)	0,10% (2012)	-
Opción 3: límite global+regional+Micro-SECAs	3% (2012)	1% (2010) 0,50% (2015)	0,10% Puertos (2010)

Tabla 7: BLG12 - Recomendaciones sobre los límites de emisiones de sulfuro para su decisión por parte del MEPC 57. Fuente: elaboración propia a partir del artículo Ship's emissions reach crucial stage.

Por otra parte, una mayoría significativa de países miembro, proponen que la ISO desarrolle un combustible con especificaciones y características enfocadas hacia la protección de la calidad del aire y de la seguridad de los buques, para su subsiguiente consideración por parte de la OMI.

Según un estudio llevado a cabo por un grupo de expertos para el MEPC 57, el uso de combustibles destilados, comparado con el uso de combustibles pesados, conllevaría grandes ventajas y beneficios a nivel operacional del buque, así como a nivel de salud pública y de protección medioambiental. Sin embargo, estos beneficios vendrían acompañados por varios aspectos negativos como el alto precio económico requerido para la conversión del mismo por parte de las refinerías⁵⁸ y sobretodo la cantidad de CO₂ que este proceso generaría⁵⁹.

Por último dejar claro, en referencia al precio del fuel marino destilado, que el citado estudio encontró que éste es del 50% al 75% más caro que el hasta ahora utilizado fuel pesado.

Otros temas tratados en el MEPC 57 fueron las medidas relativas a los sistemas de de limpieza de gases de escape, que incluyen protocolos de control de las descargas del agua de limpieza utilizada por estos sistemas. La experiencia que posee actualmente la industria en la aplicación de estos sistemas en la construcción naval, es limitada.

⁵⁷ ISO. International Standards Organization.

⁵⁸ Se estima este coste en 127 billones de dólares americanos para un período de unos 15 años.

⁵⁹ Se estima que esta cantidad de CO₂ generado supondría un aumento del 11%, ó lo que es lo mismo, el equivalente a 133 millones de toneladas.

En referencia a este tema, varias delegaciones⁶⁰ han expresado la necesidad de anticiparse a este tipo de medidas en tanto que su entrada en vigor debe ser acorde con la instalación y puesta en marcha de los correspondientes sistemas de recepción de estos nuevos residuos en las terminales portuarias.

En cuanto a la revisión del *NO_x Technical Code*, se están estudiando también medidas de renovación de la flota en función de la edad de los propulsores y de sus cifras de emisión de estos gases.

Además, se deben tener en cuenta las nuevas tecnologías de control de emisión de gases, como la reducción selectiva catalítica o los nuevos diseños de motores diésel marinos, el uso de los cuales van directamente asociados a una reducción en el consumo de combustible, en la generación de CO₂ y por tanto en la reducción de gases y partículas contaminantes emitidos a la atmósfera.

Fecha de construcción del buque	Requerimientos de certificación del motor
Pre-2000	Idéntica sustitución-no se requiere certificación NO _x .
Pre-2000	Certificación al Tier apropiado a la fecha de instalación (Tier I 2000-2010, Tier II 2011-2015) excepto en caso de sustitución del motor más tarde del 2016-si es posible determinar los objetivos-si no Tier II.
2000-2010 y 2011-2015	Tier apropiado a la fecha de instalación excepto en caso de sustitución del motor después del 2016-si es posible determinar los objetivos- si no Tier II.
2016 en adelante	Tier III.
Incremento del 10% en el MCR⁶¹ o modificación sustancial (como la definida en el NO_x Technical Code)	
Fecha de construcción del buque	Requerimientos de certificación del motor
Pre-2000	Tier independiente del MCR.
Pre-2000	Tier I independiente del MCR.
2000-2010 y 2011-2015	Tier II independiente del MCR.
2016 en adelante	Tier III.

Tabla 8: Requerimientos para la sustitución ó para motores adicionales. Fuente: elaboración propia a partir del artículo Ship's emissions reach crucial stage.

En el pasado MEPC 57 se presentaron tres recomendaciones para llevar a cabo las restricciones en las emisiones de NO_x :

- El estándar Tier I, que representa el actual límite de 17 g/kw actual Anexo VI.
- El estándar Tier II, que propuesto originalmente por China, se aplicaría a motores instalados a partir del 1 de enero de 2011 exigiéndoles una

⁶⁰ Panamá, Marshall Islands, Grecia, Irlanda, Comisión Europea e Intertanko.

⁶¹ El MCR o Maximum Continuous Rate, se refiere al régimen de giro constante del motor principal.

reducción de entre el 15,5% y el 21,8% sobre el nivel establecido en el Tier I, dependiendo de los parámetros operacionales de cada motor.

- El estándar Tier III, que representa una reducción del 80%, se aplicaría a construcciones nuevas entrando en vigor a partir del 1 de enero del 2016, pero sólo en áreas de control de emisiones específicas, que la OMI establecería.

Los fabricantes de motores de Japón, país que ha propuesto que la distancia para aplicar la limitación del Tier III sea de como máximo de 50 millas náuticas de la costa (aunque se prevé que no será así), están ya desarrollando innovadores avances tecnológicos aplicables a sus motores, para satisfacer los requerimientos de este estándar.

Cálculo estimatorio	Resultado 2007 Mill tonnes	Resultado 2020 Mill tonnes
Consumo total de fuel por buques	369	486
Consumo total de HFO por buques	286	382
Consumo de fuel destilado	83	104
Emisiones de CO₂ por buques	1120	1475
Reducción de emisiones de CO₂ para un límite global del 0,5% de S en fueles marinos destilados	-43	-59
Emisiones totales de SO_x de buques	16,2	22,7
Reducciones de emisiones de SO_x por el actual SECAs	-0,78	*
Reducción de emisiones de SO_x para un límite global del 0,5% de S en fueles marinos destilados	-12,7	-17,8
Reducción de emisiones de SO_x en un medioambiente múltiple SECA con un limite SECA del 0,5% de fuel marino destilado	*	-3,4
Reducción de emisiones de SO_x en un medioambiente múltiple SECA con un limite SECA del 0,1% de fuel marino destilado	*	-3,7
Emisiones de NO₂ emitidas por buques	25,8	34,2
Emisiones PM10 emitidas por buques	1,8	2,4
Emisiones PM10 reducidas por un límite global de 0,5% de S en fueles marinos destilados	-1,5	-2,0

Tabla 9: Emisiones de CO₂, SO, NO₂ y PM, calculadas para buques. Fuente: elaboración propia a partir del artículo Ship's emissions reach crucial stage.

Medida número	Descripción	Buques existentes Mejora %	Buques nuevos Mejora %
1	Ratio de eficiencia el motor principal	2	-
2	Optimización del motor principal	-	2
3	Recuperación del gasto calorífico	-	5-10
4	Optimización de la forma del buque, reducción de Cb ⁶² incluida	-	3-10
5	Optimización de la hélice	2	3-6
6	Mantenimiento de la obra viva	2-5	2-5
7	Pinturas "antifouling" mejoradas	2-8	1-2
8	Doble timón + doble hélice	-	5-8
9 a	Optimización del trimado- Cb buques grandes	1-2	1-2
9 b	Optimización del trimado- Cb buques grandes	Máximo 10	Máximo 10
10	Diferentes sistemas de ahorro de combustible	2-6	2-6

Tabla 10: Medidas que pueden ser aplicadas en buques nuevos o existentes para limitar las emisiones a la atmósfera. Fuente: elaboración propia a partir del artículo. Ship's emissions reach crucial stage.

3.3.1. El índice de eficiencia energética de diseño de los buques

El propio comité MEPC, en su última sesión, aprobó el borrador de la guía para el método de cálculo del *Índice de Diseño de Eficiencia Energética* para aplicarse al cálculo del mismo en los buques de nueva construcción, para su revisión y mejora. Para asesorar dichas deliberaciones, el propio comité tomó información de la Fase 1 del *2000 IMO Study on GHG emissions from ships*, el cual estimaba las emisiones de dióxido de carbono de la flota mundial a partir de los datos de la actividad de la misma y de las estadísticas de venta de combustible a nivel global. El mismo informe concluyó que en el año 2007, las emisiones de CO₂ de la flota mundial, ascendieron a 843 millones de toneladas o el 2,7% de las emisiones globales, en comparación a sólo el 1,8% de las estimaciones del año 2000.

La actualización de dicha fase 1, en cuanto a las futuras emisiones del tráfico marítimo y teniendo en cuenta el desarrollo tecnológico, se estima que asciendan entre un 2,4 y el 3%, para el año 2050. Para el año 2020, se estima un crecimiento entre el 1,1 y el 1,3%, considerando los avances tecnológicos en cuanto a eficiencia energética, debido al incremento de los precios del combustible.

En la sesión 59 del MEPC a celebrar en Julio del año 2009, se espera que se presenten posteriores conclusiones obtenidas en reuniones anteriores a la misma. En esta además, se espera poder contar con las conclusiones de la parte final de la actualización del estudio de la IMO mencionado. Las directrices

⁶² Coeficiente de bloque del buque.

resultantes en la sesión 59, se presentarán en la conferencia sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas, a celebrar en Copenhague en el mes de Diciembre del año 2009. Al igual que en el caso de los óxidos de azufre, subyace la discusión de si las medidas adoptadas en cuanto a la limitación en la emisión de gases invernadero, debería ser obligatoria a los países del Anexo I del UNFCCC o bien a todos los buques en general.

4. Metodología de estudio

El objetivo de este libro, es el de mostrar la metodología de comparación de los costes externos, incurridos por cada medio de transporte y evaluar el coste económico y medioambiental que de ella se deriva. Inicialmente se va a partir de la selección de las principales rutas marítimas de corta distancia, que tienen en alguno de los vértices de origen o destino, a puertos españoles y que dispongan de al menos una frecuencia semanal.

Estas rutas, a diferencia de otros estudios ya publicados son reales, es decir, son rutas que existen y que están siendo actualmente explotadas por distintas navieras españolas y europeas. A la hora de calcular velocidades, consumos, potencias, emisiones a la atmósfera y tiempos de viaje, se van a utilizar los datos extraídos de los buques que realmente están realizando las rutas en líneas regulares. De ahí, se configurará un servicio por carretera uniendo los mismos vértices y utilizando un vehículo de carretera articulado estándar.

De modo que intencionalmente, este estudio prescinde de la parte multimodal al establecer rutas únicamente marítimas, lo que por otro lado permite hacer más directa la comparación entre los dos modos de transporte. En otras ocasiones la comparación se establecía entre sistemas de transporte unimodal versus multimodal con tramo marítimo, y en este caso la comparación es directa entre modos de transporte y no entre cadenas de transporte. Y aunque los autores son plenamente conscientes de la realidad multimodal que el transporte y la logística experimentan actualmente, también es cierto que estas líneas existen y están siendo ofrecidas por navieras tal y como aparecen en este estudio y que el servicio puerta a puerta ofrecido por un transitario sería un aspecto complementario, que sí añadiría las características de intermodalidad a estas líneas únicamente marítimas.

Para ello se ha diseñado una aplicación informática, que calcula los costes externos de una misma ruta tanto terrestre como marítima, obteniendo así los valores diferencia entre ambos modos y los posibles ahorros en costes externos, que aportaría el transporte marítimo de corta distancia. Al tratarse de buques reales que realizan trayectos en la actualidad, los valores obtenidos como ahorro de costes externos, se podrían considerar como una base para poder subvencionar a los agentes del transporte terrestre que utilicen el transporte marítimo, como incentivo para reducir sus costes económicos. Y consecuentemente, también se reducirían los costes medioambientales y se descongestionarían las carreteras. Esta subvención como límite equivaldría al dinero que la sociedad se ahorra al utilizar el transporte marítimo como medio de transporte, y que se deducirá a los usuarios.

En este punto del estudio, se intuye que será necesario identificar las líneas marítimas que realmente aportan un ahorro de costes externos y por tanto son idóneas para el traspaso de tráfico de la carretera a la modalidad marítima y con ello aliviar la congestión de la red viaria nacional.

4.1. Metodología de cálculo

Una vez calculadas las distancias, los tiempos y los consumos de combustible para cada modo de transporte, se calculará en dichas mismas circunstancias el coste externo medioambiental generado. Debemos citar que el coste externo hace referencia tanto a la emisión de diversos gases contaminantes a la atmósfera, como al coste referido a ruido, congestión, accidentes, y contribución al calentamiento global. Finalmente, la suma total de los costes externos, ofrecerá una cifra de coste total que cada modo genera para transportar la misma cantidad de mercancía, y pondrá de manifiesto cuál es más sostenible con el medioambiente.

Alcanzado el objetivo principal del estudio, es decir, una vez calculado el coste externo para una ruta realizada por varios buques, y obtenido de este modo el coste externo unitario por FEU (contenedor de 40') transportado, se calculará el ahorro potencial por cada FEU transportado que supone el hecho de hacerlo por vía marítima, y asimismo, se calculará el ahorro potencial equivalente en costes externos, por FEU por kilómetro de carretera no recorrido.

Posteriormente, se estableció una comparativa entre todos los buques que realizan una misma ruta, obteniendo la condición media representada por un buque promedio en esa ruta y además se efectuará un promedio para obtener un valor representativo que englobe a todos los buques en un área concreta. Este proceso se repitió en cada una de las 29 conexiones seleccionadas. Con ello se obtuvo el coste externo medio por FEU transportado, el ahorro por FEU transportado y el ahorro por kilómetro de carretera no recorrido para una posible ruta en el área mediterránea y para otra en el área atlántica.

Para poder hallar los valores de las emisiones producidas por el transporte por carretera y marítimo se ha trabajado en base a dos proyectos anteriores: el OMIT⁶³ y el REALISE⁶⁴ (aunque está en proceso realizar una comparativa entre el modo marítimo y la metodología propuesta por el proyecto MOPSEA).

4.1.1. Metodología de cálculo según el proyecto REALISE

El programa, realizado con *Excel*, consiste en varias hojas de cálculo en las cuáles puede haber una o varias tablas que permiten calcular todos los valores necesarios para llevar a cabo el estudio. A continuación se explicará cada una de las diferentes hojas que constituyen el programa de cálculo, para poder comparar los costes externos incurridos por ambos modos de transporte.

⁶³Básicamente se trata de un programa desarrollado por el Danish Environmental Protection Agency en 2001 por el Institut for Transportstudier conjuntamente con la Danish Trade Association of International Transport y el Institut für Energie-und Umweltforschung Heidelberg GMBH para calcular el consumo de energía y emisiones en los tramos marítimos para diferentes buques.

⁶⁴ Regional Action for Logistical Integration of Ship. WP 3 – Environmental Impact Analyses. Final Report. June 2005. Shipping across Europe.

Hoja 1: Initial data (Datos iniciales)

	Origin	Destination
Route		

Road unimodal distance (km)	
Maritime distance (km)	

Ship's Name	
Linear meters	
Speed of ship (in knots and km/h)	
Ship's Power (kW)	
Number of FEU (theoretical)	
Load Factor (SHIP)	
Hours of navigation by SSS	
Type of ship	

	Fuel consumption (kg/h) 100%	Fuel consumption (kg/h) 80%	Manouvring Fuel consumption (kg/h) 40%	Hotteling Fuel consumption (kg/h) 20%
Fuel consumption (kg/h) SHIP				

Load (truck) - maximum 25 Tm	
LOAD FACTOR (TRUCK)	

Tabla 11: Hoja de datos iniciales para el cálculo de los costes externos. (Fuente propia)

En primer lugar en la hoja es necesario detallar:

1. Definición de la ruta: punto de partida y punto de llegada. A partir de esta se obtendrán:
 - a. Distancia terrestre unimodal (en kilómetros).
 - b. Distancia marítima (en kilómetros).
2. Nombre del buque: que realiza la ruta, a partir del nombre del buque se obtendrán las características principales del buque, previamente almacenadas:
 - a. Metros lineales de carga del buque (ml).
 - b. Velocidad del buque (en nudos)
 - c. Potencia del buque (en kW).
3. Factor de carga del buque (en porcentaje).
4. Factor de carga del camión (en porcentaje).

A partir de los metros lineales totales del buque, se pueden obtener los FEUs⁶⁵ teóricos que puede transportar, dividiendo los metros lineales por 19,5 metros (resultado de considerar que la longitud de un vehículo articulado es de

⁶⁵ FEU: Forty feet Equivalent Unit, referido a la longitud de un contenedor de 40 pies.

16,5m⁶⁶, más una distancia de 1,5 m a proa y popa del camión para el trincaje y cumplir con creces, la normativa internacional sobre estiba).

La velocidad del buque se pasará a km/h para poder hacer los cálculos con las unidades homogéneas con el camión.

El consumo específico de combustible del motor principal está relacionado con los sistemas de propulsión instalados; pero el consumo de los motores diesel modernos es aproximadamente la mitad comparado con los viejos motores de vapor con la misma potencia⁶⁷. Para este estudio se ha considerado que el consumo horario medio es de 200 g/kW por hora, ya que la mayoría de buques contemplados son propulsados por motores diésel de 4 tiempos.

La carga media del motor principal y la velocidad de giro, varían en función del tipo de buque. Por ejemplo, los bulkcarriers tienen unos valores medios inferiores (74%) que los petroleros (84%). Consecuentemente, la carga del motor puede variar del 60% al 95% para los buques seleccionados⁶⁸.

A partir de la potencia del buque, y con un consumo medio de 200 g/kW·h se obtendrá el consumo horario del buque (en kg/h), que es el mínimo soportado por un motor diésel con una carga del motor del 100%. Para los cálculos se va a considerar una carga del motor del 80% en navegación, del 40% para las maniobras de atraque y desatraque y del 20% durante las operaciones de estancia en puerto.

Tipo de buque	Velocidad	Tm/Hora (80%)	Tm/Hora (40%)	Tm/Hora (20%)
Buque convencional	20	4,1472	2,0736	1,0368
Buque convencional rápido	27	5,0688	2,5344	1,2672
Buque alta velocidad	40	10,88	5,44	2,72

Tabla 12: Consumo horario medio, basado en la carga del motor y su potencia. (Fuente propia)

Conociendo la distancia y la velocidad, se pueden hallar las horas totales de navegación del buque, y a partir de la potencia el consumo horario al 80% de la carga del motor. Con estos datos podremos saber los kilogramos de combustible consumido durante toda la navegación, y se podrán calcular las emisiones del transporte marítimo (hoja de cálculo SSS).

El programa también permite introducir el factor de carga del buque, ya que es normal que no vaya cargado en su totalidad, tanto por factores de estabilidad, seguridad, estiba, meteorología, y sobretodo por variaciones en la demanda de servicios según la época del año, junto con las fluctuaciones del mercado y la

⁶⁶ Según la Directiva 2002 CE, del 18 de Febrero del 2002, indica que la longitud máxima de un vehículo articulado es de 16,5m.

⁶⁷ Endresen, O. et al. A historical reconstruction of ship's fuel consumption and emissions. Journal of Geophysical Research D. Vol. 11. (2007). D 1230. pp.1-17.

⁶⁸ Floedstoem, E. Energy and emission factors for ships in operation. KFB Rep (1997). SweddishTransport and Commerce Res. Board. Swedish Maritime Administration and Mariterm AB. Gothenburg. Sweden.

marcha de la economía en general. Se ha considerado para estos cálculos, un factor de carga del 70% (valor promedio de llenado de un buque de transbordo rodado)⁶⁹.

Para los cálculos de transporte por carretera se parte de la distancia terrestre y del peso cargado en un vehículo articulado de 40 Tm de peso máximo admisible y que puede transportar un peso máximo de 25 Tm.

El programa también permite introducir el peso de la carga que transporta el vehículo articulado. En este caso se ha considerado que el camión va cargado al 75% de la carga máxima, siendo el valor de la carga de 18,75 Tm.

En función del peso cargado y del consumo de combustible del camión en autopista y en congestión, que según el proyecto REALISE, es de 15,8 g/Tm·km en autopista y 25 g/Tm·km en congestión, se pueden hallar los kilogramos de combustible consumidos por el camión que realiza dicha ruta.

Adicionalmente se calcula el número de horas del trayecto marítimo (distancia marítima/velocidad buque), y en función de la velocidad se clasifica el buque en convencional (hasta 23 nudos), convencional rápido (de 23 a 30 nudos) o de alta velocidad (superior a 30 nudos). Se considera que el camión realiza todo el trayecto consumiendo gasoil.

Hoja 2: Carretera unimodal

Una vez obtenidos los datos iniciales se calcularán los costes externos para las dos condiciones, terrestre y marítima.

A partir de las emisiones obtenidas debidas al transporte de mercancías, se cuantificarán estos como costes externos (en euros). Tanto los gramos de las emisiones como la cuantificación económica, son datos que se han obtenido del proyecto REALISE. Para el caso del transporte por carretera, los datos utilizados están basados en la normativa Euro IV (aunque la hoja de cálculo creada también ofrece la posibilidad de calcularlo con la normativa Euro V).

⁶⁹ Dato obtenido en el *Emission Inventory Guidebook (EIG)*, en el modelo de cálculo del COPERT III (2002).

	Road (diesel) environmental impact
Distance (in km)	
Distance on highway (in km)	
Distance in congestion (in km)	
Load (in FEU)	
Fuel consumption highway (kg)	
Fuel consumption congested (kg)	
Tkm	
Cost air pollutions (in €)	
SO ₂	
NO _x	
CO	
Nm-VOC	
PM	
Total	
Costs of noise (in €)	
Costs of accidents (in €)	
Costs of congestion (in €)	
Costs of global warming (in €)	

Tabla 13: Datos del transporte terrestre para el cálculo de los costes externos. (Fuente propia)

Se estima que en condiciones normales, un camión realiza el 80% del trayecto en autopista o carretera normal y el 20% en condiciones de congestión.

Para hallar las toneladas por kilómetro (Tkm) transportadas, se multiplica la distancia total por el número de FEUs y por el peso de cada FEU. Como se ha visto en la hoja 1, no sería realista suponer que el contenedor estuviera totalmente cargado, así que se le supone el factor de carga indicado anteriormente.

A partir de estos datos se calcularán en primer lugar, las emisiones al aire de los diferentes contaminantes.

Para cada contaminante, se ha multiplicado el consumo de combustible total (en kg) por los gramos del contaminante que se emite por kilogramo de combustible consumido, obteniendo los gramos de contaminante total emitidos. A este valor (pasado a toneladas) se le multiplica por los euros que representa cada tonelada de contaminante emitida, obteniendo los costes externos totales que representaría el consumo de combustible en aquel trayecto debido a cada uno de los contaminantes.

En primer lugar, se han calculado los contaminantes relacionados con la contaminación local (SO₂, NO_x, CO, nm-VOC y PM). Con la suma de todos ellos, se obtiene el coste total de las emisiones de estos contaminantes.

A continuación se calculan (de la misma forma que en el apartado anterior) los costes de los contaminantes relacionados con la contaminación global (CO₂, CH₄ y S).

Finalmente, y para obtener los costes externos totales del transporte de mercancías por carretera, se han calculado los costes debidos al ruido, a los accidentes y a la congestión, a partir de las siguientes fórmulas:

- Coste del ruido (en euros) = 0,0145 €/tkm * Número de tkm
- Coste accidentes (en euros)=0,0035 €/tkm * Número de tkm
- Coste de congestión (en euros)= 0,002277 €/tkm * Número de tkm

Si se comparan las emisiones en g/kg del fuel de acuerdo con la normativa Euro V, se observará que el único valor que varía respecto a la normativa Euro IV es el NO_x:

	Road: Euro IV		Road: Euro V	
	Road (diesel) highway value	Road (diesel) congestion value	Road (diesel) highway value	Road (diesel) congestion value
NO _x (g/kg fuel)	28,125	8,980	3,661	5,131

Tabla 14: Gramos de NO_x por kg de fuel consumido según la normativa Euro IV y Euro V.
(Fuente: Proyecto Realise)

Hoja 3: SSS-Marítimo

En el proyecto Realise, para el transporte marítimo de corta distancia se analizaron dos condiciones: las circunstancias normales (que representan la situación actual) y las circunstancias mejoradas (que se consideran con el 10% menos de emisiones en todos los agentes excepto para el S, el SO₂ y el NO_x). En este cálculo se han considerado las circunstancias mejoradas.

Para el caso del transporte marítimo, se ha calculado el consumo horario del buque (en kg/h); conociendo las horas totales de navegación del buque se obtendrán los kilogramos de combustible consumidos por trayecto.

Operando del mismo modo que para el transporte terrestre se obtendrán, en euros, los costes de la contaminación al aire y del calentamiento global.

Para hallar el valor del resto de los costes externos, se ha considerado:

- Coste debido al ruido: se considera 0,0042428 € por el número de FEU transportados y por el número de paradas por trayecto (siendo en este caso dos, una en cada puerto).
- Coste debido a los accidentes: es 0,00019 € por las Toneladas por kilómetro.

- El valor del coste debido a la congestión: es de 3,95 € por el número de FEU transportados y por el número de paradas por trayecto.

	SSS Environmental impact
Distance (in km)	
Load (in FEU)	
Hours	
Fuel consumption (in kg)	
Cost air pollutions (in €)	
SO ₂	
NO _x	
CO	
nm-VOC	
PM	
Total	
Costs of noise (in €)	
Costs of accidents (in €)	
Costs of congestion (in €)	
Costs of global warming (in €)	

Tabla 15: Datos del transporte marítimo para el cálculo de los costes externos. (Fuente propia)

Hoja 4: Transshipment (Transbordo)

Se consideran las operaciones de estancia (*hotelling*) y de maniobra (*manoeuvring*), y están relacionadas únicamente con el transporte multimodal. Los costes por contaminación del aire y por el calentamiento global están contemplados en estas operaciones mientras que los costes de ruido, accidentes y congestión no son aplicables.

Se han considerado dos horas para las maniobras de los buques convencionales y los buques convencionales rápidos (1 hora para atraque y 1 hora para desatraque), y una hora para los buques de alta velocidad (media hora para cada maniobra).

Para el cálculo de las horas de estancia en puerto, varían en función del tipo de buque (dato obtenido en la hoja INITIAL DATA). A partir de los resultados obtenidos en el proyecto de tesis⁷⁰ de la coautora de esta publicación, se han

⁷⁰ *Short Sea Shipping efficiency analysis considering high-speed craft as an alternative to road transport in SW Europe*. Thesis. M. Castells. Mayo 2009.

obtenido los valores de 6 horas para el caso del buque convencional, de 7 horas para el buque convencional rápido y de 8 horas para el buque de alta velocidad.

	Transshipment environmental impact
Length in hour hotel	
Length in hour manoeuvring	
FEU	
Total Fuel consumption (kg)	
Cost air pollutions (in €)	
SO ₂	
NO _x	
CO	
nm-VOC	
PM	
Total	
Costs of global warming (in €)	

Tabla 16: Datos del trasbordo para el cálculo de los costes externos. (Fuente propia)

Para hallar el consumo total de combustible en kilogramos se multiplicarán las horas de estancia en puerto por el consumo horario del buque en estancia (al 20% de la carga del motor), más las horas de maniobra por el consumo horario del buque en maniobra (al 40% de la carga del motor).

A partir de aquí se hallará el coste del SO₂, NO_x, CO, nm-VOC, PM y del calentamiento global.

Hoja 5: Comparative Study (Estudio comparativo)

En esta hoja se muestran los resultados finales del estudio comparativo entre los resultados obtenidos para el transporte por carretera y para el transporte marítimo de corta distancia, más los de la estancia y maniobra (transshipment), obteniendo la diferencia en coste, entre ambas alternativas de cada uno de los costes externos evaluados.

	Road	Maritime	Difference
SO ₂			
NO _x			
CO			
nm-VOC			
PM			

	Road	Maritime	Difference
Costs of noise (in €)			
Costs of accidents (in €)			
Costs of congestion (in €)			
Costs of global warming (in €)			
Costs of transshipment (in €)			

Tabla 17: Tabla de resultados por categorías del cálculo de los costes externos. (Fuente propia)

Hoja 6: Final Results (Resultados finales)

Finalmente, se calcula el ahorro económico total que supondría transportar un FEU a través del transporte marítimo de corta distancia en lugar de por carretera. Se ha dividido la diferencia total de los costes entre ambas alternativas por el número de FEUs que puede transportar el buque, hallando así el ahorro por FEU en cada trayecto.

Si este valor se divide por la distancia terrestre, se obtendrá el ahorro económico de un FEU por kilómetro terrestre no recorrido.

Potential saving (€) per FEU	Saving (€) per FEU per road km not travelled

Tabla 18: Resultados finales del cálculo de los costes externos. (Fuente propia)

Hoja 7: Data (Datos de partida)

En esta hoja se han introducido los datos necesarios para calcular las emisiones y los costes del transporte unimodal y multimodal, datos obtenidos en el proyecto REALISE.

4.1.2. Metodología de cálculo según el proyecto MOPSEA

En este apartado se comenta la metodología de cálculo en base a la cuantificación de las emisiones según el proyecto MOPSEA⁷¹, para poder hallar los valores de las emisiones producidas por el transporte marítimo de corta distancia. Dicho proyecto proporciona una evaluación más exacta de las emisiones del transporte marítimo, pero no permite el cálculo del transporte por carretera, por lo que sólo se utilizará como dato comparativo a los valores obtenidos a partir del proyecto REALISE.

De la misma forma que en el modelo creado en base al proyecto REALISE, ha sido necesario crear un modelo para calcular las emisiones de CO₂, SO₂, HC, CO, NOx y PM. En este caso se dividen las emisiones en función:

- Emisiones relacionadas con la tecnología: HC, CO, NOx y PM.
- Emisiones relacionadas con el tipo de combustible: CO₂ y SO₂.

Para ejecutar el modelo será necesario tener una serie de datos relacionados con las características del buque y las características de la ruta.

Características del buque

Se precisa de una serie de datos el buque, más exhaustivos, sobretodo en lo concerniente a la planta propulsora.

- a. Tipo de buque: Ro-Ro o portacontenedor
- b. Eslora
- c. Tipo de motor: dos tiempos, cuatro tiempos o turbina de vapor.
- d. Tipo de combustible: fuel-oil pesado, diesel o gasóleo.
- e. Potencia instalada (kW).
- f. Año del motor
- g. Revoluciones del motor, n (rpm)

Características de la ruta

Para el cálculo de las emisiones y del consumo de energía es necesario dividir la ruta en las diferentes etapas en función de la velocidad del buque:

⁷¹ MONitoring Programme on air pollution from SEA-going vessels (MOPSEA). Final Report. Scientific Support Plan for a Sustainable Development Policy (SPSD II), Part 2, Global Change, Ecosystems and Biodiversity. Vangheluwe, M et al. March 2007.

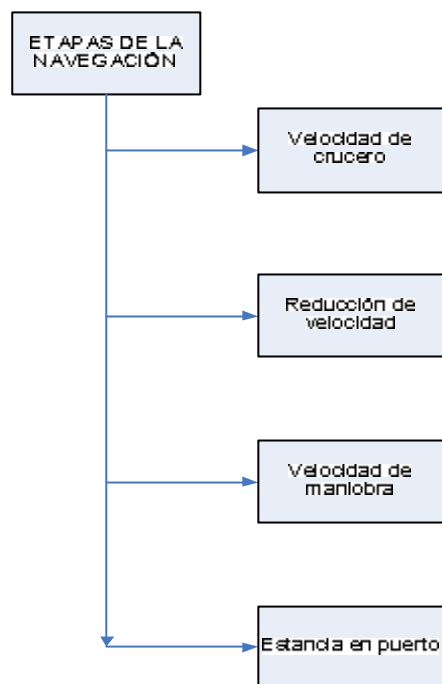


Ilustración 4. Esquema de la división en etapas de la ruta en función de la velocidad del buque

El MCR⁷² (Régimen continuo máximo del motor) utilizado para cada una de las etapas definidas es el siguiente:

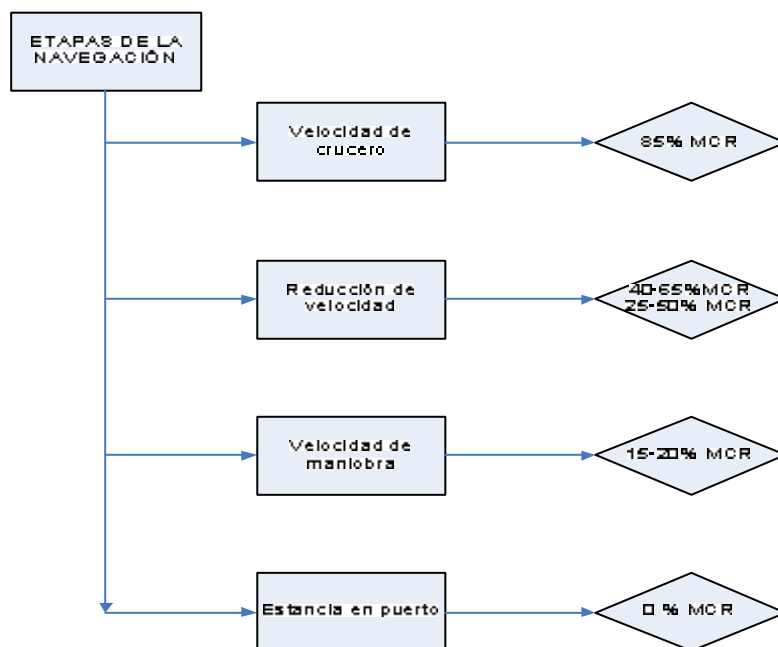


Ilustración 5. Esquema del MCR aplicado a cada etapa

⁷² MCR: *Maximum continuous rating* o Régimen continuo máximo del motor. El MCR de una planta, es la potencia máxima que dicha estación puede generar de forma continuada en condiciones normales durante un año. Los buques, normalmente, operan al NCR (régimen continuo nominal), que es entre el 85% del 90% del MCR. El 90% del MCR es la potencia contractual para la cual la hélice es diseñada.

- a. Tiempo del viaje y el MCR para la etapa de velocidad de crucero.
- b. Tiempo del viaje y el MCR para la etapa de reducción de velocidad.
- c. Tiempo del viaje y el MCR para la etapa de maniobra.
- d. Tiempo y MCR para la etapa de estancia en puerto.

Cálculo de las emisiones relacionadas con la tecnología del motor

Los factores de emisión relacionados con la tecnología del motor de que se dispone son para el HC, CO, NOx y la PM.

Se utilizarán metodologías diferentes en función de si el motor es:

- Dos tiempos
- Cuatro tiempos
- Motor auxiliar

Los motores principales de los buques tipo Ro-Ro y portacontenedores son, principalmente, motores de dos y cuatro tiempos.

También se diferencia entre el tipo de combustible:

- Fuel-oil pesado
- Diésel marino
- Gasóleo

Para este modelo vamos a considerar que los buques con motores de dos y cuatro tiempos, utilizan fuel-oil pesado para las etapas de navegación a velocidad de crucero y para las etapas de reducción de la velocidad y de la maniobra se utilizará fuel-oil o diésel en función del año de construcción del motor:

- <1985: diésel
- >1985 fuel-oil (se considera que con las nuevas tecnologías ya no es necesario hacer el cambio a diésel para las maniobras)

Una vez definido el tipo de motor, el combustible utilizado y el año de construcción, el objetivo es calcular las emisiones a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Emisiones(Tm)} = \text{Factor de emisión(g/kW}\cdot\text{h)} \cdot \text{Energía utilizada(kW}\cdot\text{h)} \cdot 10^6$$

La energía utilizada se hallará a partir de:

$$\text{Energía Utilizada (kW}\cdot\text{h)} = \text{potencia (kW)} \cdot \text{tiempo (h)}$$

Siendo la potencia función de la potencia instalada y el régimen continuo máximo del motor:

$$\text{Potencia utilizada (kW)} = \% \text{ MCR} \cdot \text{Potencia instalada (kW)}$$

El cálculo de los factores de emisión es una combinación del factor de emisión básico y unos factores de corrección para la tecnología (año y normativa NOx) y el porcentaje del MCR:

$$\text{Factor de emisión (g/kW·h)} = \text{Factor de emisión básico (g/kW·h)} \cdot \text{Corr}_{\text{año}} \cdot \text{Corr}_{\text{NOx}} \cdot \text{Corr}_{\text{MCR}}$$

El factor de emisión básico depende del tipo de motor y del tipo de combustible:

Factor de emisión (g/kW·h)	Fuel-oil pesado		Diesel y gasoil	
	2 tiempos	4 tiempos	2 tiempos	4 tiempos
HC	0,6	0,6	0,6	0,6
CO	3	3	3	3
NOx	16	12	16	12
PM	1,7	0,8	0,5	0,5

Tabla 19. Factores de emisión básicos (g/kW·h) para motores de dos y cuatro tiempos

La primera corrección dependerá del año de construcción del motor, del tipo de motor y del tipo de combustible:

Año de construcción	Corr _{año} Fuel-oil pesado y Diesel y gasoil			
	2 tiempos			
	HC	CO	NOx	PM
<1974	1	1	1	1
1975-1979	1	1	1,13	1
1980-1984	1	1	1,19	1
1985-1989	1	0,83	1,25	1
1990-1994	0,83	0,67	1,13	1 (0,80)
1995-1999	0,67	0,67	0,94	0,88 (0,60)
>2000	0,50	0,67	0,91	0,88 (0,60*)

Tabla 20. Factores de corrección del año del motor para motores de dos tiempos. *Diesel y gasoil

Año de construcción	Corr _{año} Fuel-oil pesado y Diesel y gasoil			
	4 tiempos			
	HC	CO	NOx	PM
<1974	1	1	1	1
1975-1979	1	1	1,17	1
1980-1984	1	1	1,25	1
1985-1989	1	0,83	1,33	1
1990-1994	0,83	0,67	1,17	1 (0,80)
1995-1999	0,67	0,67	0,92	0,88 (0,60)
>2000	0,50	0,67	1,21	0,88 (0,60*)

Tabla 21. Factores de corrección del año del motor para motores de cuatro tiempos. Diesel y gasoil.

n (rpm)	g NOx/kW·h	Corr _{NOx}
290-2000	$45 \cdot n^{-0,2}$	$3,10 \cdot n^{-0,2}$
>2000	9,8	0,68

Tabla 22. Factores de corrección en función de la normativa NOx (IMO, Anexo VI)

% de MCR	HC	CO	NOx	PM
85	0,84	0,70	0,97	0,97
80	0,87	0,76	0,97	0,98
75	0,89	0,82	0,98	0,98
70	0,92	0,88	0,98	0,99
65	0,95	0,94	0,99	0,99
60	0,98	1	0,99	1
55	1	1,06	1	1
50	1,03	1,12	1	1,01
45	1,09	1,23	1,01	1,01
40	1,16	1,38	1,02	1,03
35	1,27	1,56	1,03	1,05
30	1,42	1,80	1,04	1,08
25	1,65	2,14	1,06	1,12
20	2,02	2,66	1,10	1,19
15	2,74	3,51	1,17	1,32
10	4,46	5,22	1,34	1,63
0	0,00	0	0	0

Tabla 23. Factor de corrección para el % de MCR

Para el cálculo de los factores de emisión de los motores auxiliares utilizaremos la siguiente expresión:

$$\text{Factor de emisión (g/kW·h)} = \text{Factor de emisión básico (g/kW·h)} \cdot \text{Corr}_{\text{año}}$$

Siendo los factores de emisión básicos:

Factor de emisión (g/kW·h)	Fuel-oil pesado	Diesel y gasoil
HC	5,1	5,1
CO	19,1	19,1
NOx	43	43
PM	3,4	2,6

Tabla 24. Factores de emisión básicos (en g/kW·h) en función del tipo de combustible

Y las correcciones en función del año de construcción

Año de construcción	Corr _{año} Fuel-oil pesado y Diesel y gasoil			
	HC	CO	NOx	PM
<1974	1	1	1	1
1975-1979	0,69	0,84	1,33	1,03
1980-1984	0,61	0,72	1,56	1,06
1985-1989	0,53	0,62	1,70	1,06
1990-1994	0,45	0,52	1,49	1,06 (0,69)
1995-1999	0,39	0,46	0,26	1 (0,58)
>2000	0,29	0,39	0,93	1,03 (0,58*)

Tabla 25. Corrección en función del año, del tipo de combustible y del tipo de motor

En el caso de los motores auxiliares no se aplica ninguna corrección por NO_x, ya que las emisiones de NO_x en los motores auxiliares son muy inferiores a los valores máximos estipulados en el Anexo VI del MARPOL.

Finalmente, se calculan las emisiones de acuerdo con la siguiente fórmula.

$$\text{Emisiones(Tm)} = \text{Factor de emisión(g/kW·h)} \cdot \text{Energía utilizada(kW·h)} \cdot 10^6$$

Cálculo de las emisiones relacionadas con el tipo de combustible

Como ya se ha comentado anteriormente, estas emisiones son de los contaminantes de CO₂ y SO₂.

Se calcula el combustible utilizado combinando la utilización de energía utilizada y el consumo específico del combustible multiplicado por el factor 1,1 para obtener consumos de combustibles reales:

$$\text{Combustible utilizado (Tm)} = \text{Energía utilizada (kW·h)} \cdot \text{consumo específico del combustible (g/kW·h)} \cdot 1,1 \cdot 10^{-6}$$

El consumo específico del combustible depende del tipo del motor, del porcentaje de MCR y del año del motor. En la siguiente tabla se muestran los consumos específicos del combustible utilizado en función del tipo de motor:

2 tiempos	157-218
4 tiempos	185-235

Tabla 26. Consumo específico del combustible en función del tipo de motor

Los factores de emisión de estos agentes contaminantes son los siguientes:

Factor de emisión (kg/Tm)	Fuel-oil pesado	Diesel y gasoil
CO ₂	3110	3100
SO ₂ (...-18/05/2006)	54	4
SO ₂ (19/05/2006-2009)	30	4
SO ₂ (2010-...)	30	4 o 2

Tabla 27. Factor de emisión en función del tipo de combustible (* 2 kg de SO₂/Tm de diesel o gasoil en muelle (mínimo de 2 horas)

Finalmente, podemos calcular las emisiones de acuerdo con la siguiente expresión:

$$\text{Emisión (Tm)} = \text{Factor de emisión (kg/Tm)} \cdot \text{Combustible utilizado (Tm)} \cdot 10^{-3}$$

Cálculo de los motores auxiliares

Este modelo únicamente prevé, la energía utilizada por los motores auxiliares para el aire acondicionado, la ventilación, la estancia y el precalentamiento del fuel-oil. No se incluyen las actividades de carga y descarga, que pueden requerir grandes cantidades de energía.

Análogamente al modelo utilizado para el motor principal, se calcularán las emisiones multiplicando el combustible utilizado con un factor de emisión correcto.

El tipo de combustible utilizado en los motores auxiliares depende del año de construcción del motor auxiliar, siendo:

<1985	Diésel Oil
≥ 1985	Fuel Oil

Tabla 28. Tipo de combustible utilizado en los motores auxiliares en función del año

4.1.3. Diferencia entre los dos métodos de cálculo

- El modelo basado a partir del proyecto REALISE calcula las emisiones y los costes externos de los diferentes modos de transporte, permitiendo un estudio comparativo en el modo unimodal terrestre y el modo multimodal (marítimo). El modelo basado en el proyecto MOPSEA únicamente calcula las emisiones del transporte marítimo.
- El modelo basado en el proyecto REALISE divide los agentes contaminantes en medioambientales (contaminación local al aire (SO₂, NO_x, CO, nm-VOC y PM), contaminación global (CO₂, N₂O, CH₄, N y S) y contaminación acústica) y no medioambientales (accidentes y congestión), mientras que el modelo basado en el proyecto MOPSEA divide los agentes contaminantes en los relacionados con la tecnología del motor (HC, CO, NO_x y PM) y los relacionados con el tipo de combustible (CO₂ y SO₂). Se observa que en el primer modelo se consideran muchos más agentes contaminantes y que considera otros factores como son la accidentabilidad, la congestión y la contaminación acústica.
- En el caso del proyecto REALISE se han considerado sólo tres fases: navegación, maniobra y estancia en puerto. En el proyecto MOPSEA, a parte de las tres fases anteriores también se ha tenido en cuenta la fase de reducción de velocidad, entre la velocidad de navegación y la velocidad de maniobra.

4.2. Estimación de los costes internos

Para la estimación de los costes internos, no contemplados en esta publicación, se ha optado por seguir la metodología expuesta en el observatorio de costes del transporte terrestre, del Ministerio de Fomento. De hecho existen dos grandes grupos de costes, que son los fijos y los variables, es decir aquellos que dependen del tiempo y se expresan en base a la horas trabajadas y los que se expresan en base a los kilómetros recorridos.

A dichos valores y para el cálculo del coste de una ruta determinada, se le han añadido un 15% del total, en concepto de beneficios y los correspondientes peajes. A continuación se muestra un ejemplo de la distribución de dichos costes.

TRANSPORTE CARRETERA		PORTA VEHÍCULOS	
Costes por tiempo invertido		Costes por tiempo invertido	
Amortización		Amortización	
Financiación		Financiación	
Conductor		Conductor	
Seguro		Seguro	
Costes fiscales		Costes fiscales	
Dietas		Dietas	
Costes por kilómetro recorrido		Costes por kilómetro recorrido	
Combustible		Combustible	
Neumáticos		Neumáticos	
Mantenimiento		Mantenimiento	
Reparaciones		Reparaciones	
Total		Total	
Peajes		Peajes	
Beneficio 15%		Beneficio 15%	
Total		Total	

Tabla 29: Hoja 1 para el cálculo de los costes internos del transporte por carretera para el modo vehículo portacontenedores ("Transporte por carretera") y vehículo porta vehículos. Fuente: elaboración propia.

Mediante esta tabla se calcula el coste total interno que supone realizar la ruta por carretera. Se puede observar cómo se han creado dos tablas distintas en función del vehículo utilizado. Esto es debido a que en las rutas marítimas que son realizadas por buques ro-ro o ro-pax transportando FEUs, se ha buscado la equivalencia en el transporte por carretera, en un vehículo articulado portacontenedores. Sin embargo, en las líneas llevadas a cabo por buques car-carrier, debido a que la capacidad de éstos no se expresa en metros lineales (y por tanto en FEUs), sino en número de coches transportados, se ha buscado una equivalencia entre coches transportados por el buque y los que transportaría un remolque portavehículos por carretera, como se explica más adelante.

El resultado es que cada vehículo tiene asociados costes diferentes en cada una de las partidas expresadas. Para el cálculo se han tenido en cuenta varias partidas⁷³ de costes que se aplican por tiempo invertido en horas y por kilómetro recorrido. La suma de todos, más el importe de los peajes correspondientes, y un beneficio empresarial considerado de un 15%⁷⁴ da el total en euros del coste interno de la ruta.

El vehículo empleado en la simulación corresponde a un camión articulado⁷⁵ y a un vehículo portavehículos (tren de carretera)⁷⁶ con unas características que son tenidas en cuenta a la hora de cuantificar las diferentes partidas de costes fijos y variables, así como a la hora de calcular el coste de la tarifa aplicable en los peajes.

Desglose de costes por tiempo invertido:

- *Amortización:* se aplica un valor de 1,099⁷⁷ (1,738 para el portavehículos) euros por hora invertida.
- *Financiación:* se aplica un valor de 0,22⁷⁸ (0,318 para el portavehículos) euros por hora invertida.
- *Conductor:* se aplica un valor de 3,12⁷⁹ euros (para ambos) por hora invertida.
- *Seguro:* se aplica un valor de 0,741⁸⁰ (0,85 para el portavehículos) euros por hora invertida.
- *Costes fiscales:* se aplica un valor de 0,1029⁸¹ euros (para ambos) por hora invertida.
- *Dietas:* se aplica un valor de 1,586⁸² euros por hora invertida, y un valor de 0,0488⁸³ euros por kilómetro recorrido (para ambos), que sumados dan el total de dicha partida.

⁷³ Las citadas partidas así como sus valores de referencia para el cálculo costes, se han obtenido del Observatorio de mercado del transporte de mercancías por carretera, nº 14, 2008. Los valores corresponden a los de un vehículo articulado portacontenedores y para un vehículo portavehículos, a 31 de octubre de 2007.

⁷⁴ Se considera este beneficio empresarial, ya que en la fuente que se ha consultado para calcular los costes, estos datos no tienen en cuenta este aspecto. Sin embargo en el precio que se ha utilizado para el cálculo de los costes internos marítimos sí venía incluido el citado beneficio, y por ello ha sido necesario equiparar ambos para hacerlos comparables.

⁷⁵ Camión articulado de 6 ejes, 14 neumáticos, 420 CV, PMA 40.000kg, y carga útil 25.000kg. La longitud del remolque es de 12m, transportando sobre la plataforma un contenedor de 40' (FEU, Forty Equivalent Unit).

⁷⁶ Camión articulado de 4 ejes, 14 neumáticos, 385 CV de potencia máxima, PMA 40.000kg, y carga útil 25.000kg. El número de vehículos transportado se establece en 12 turismos.

⁷⁷ Este valor se obtiene de la división del coste anual estimado por el estudio Observatorio de mercado del transporte de mercancías por carretera, nº 14, 2008, siendo de 9.634,54/365/24, es decir, el coste anual entre 365 días y entre 24 horas, para posteriormente multiplicarlo por el número de horas invertidas en la ruta, 9.634,54/360/24, (15.231,66/365/24 para el portavehículos).

⁷⁸ Valor obtenido del mismo estudio anterior, siendo 1.955,45/365/24, (2.785,94/365/24 para el portavehículos).

⁷⁹ Valor obtenido del mismo estudio anterior, siendo 27.375,14/365/24.

⁸⁰ Valor obtenido del mismo estudio anterior, siendo 6.498,14/365/24, (7.451,23/365/24 para el portavehículos).

⁸¹ Valor obtenido del mismo estudio anterior, siendo 902,07/365/24.

Desglose y explicación de los costes por kilómetro recorrido:

- *Combustible*⁸⁴: se considera un consumo de 38,5⁸⁵ litros/100 kilómetros.
- *Neumáticos*: Se aplica un valor de 0,06⁸⁶ euros por kilómetro recorrido.
- *Mantenimiento*: Se aplica un valor de 0,0172⁸⁷ euros por kilómetro recorrido.
- *Reparaciones*: Se aplica un valor de 0,026⁸⁸ euros por kilómetro recorrido.

En el caso del transporte marítimo, la distribución de costes se ha simplificado, para evitar tener que buscar información tan dispar como difícil de encontrar, relativa al coste de construcción, coste de la hipoteca naval, cargas fiscales, cargas financieras, costes de la tripulación, varada y otros menores, en el caso de los costes fijos. En el caso de los costes variables, el combustible se llevaría posiblemente el 50% de los mismos

TRANSPORTE MARÍTIMO	
Costes portuarios	240,00
Coste tiempo trasbordo	107,12
Coste por milla recorrida	f(velocidad)
Total	

Tabla 30: Hoja 1 para el cálculo de los costes internos del transporte marítimo. Fuente: elaboración propia.

Mediante esta tabla se calcula el coste total interno que supone realizar la ruta por vía marítima. Para el cálculo del coste unitario del transporte marítimo se ha partido de la hipótesis basada en el transporte de un camión de iguales características que el utilizado para los trayectos por carretera, que es transportado por vía marítima en un buque ro-ro.

Los costes desglosados por partidas son los siguientes:

- *Costes portuarios*: se asumen 120 euros como costes portuarios en origen y destino, resultando 240 euros para toda la ruta.

⁸² Valor obtenido del mismo estudio anterior, siendo 38,09 euros/día el coste de una dieta media/24.

⁸³ Valor obtenido del mismo estudio anterior, siendo 0,0488 euros/kilómetro el valor del coste del plus de actividad.

⁸⁴ El combustible empleado es el diesel a un precio actualizado para junio de 2009 de 1,2 euros por litro. Precio del barril Brent 134 dólares. Este es el precio del litro de diésel vigente después de las fuertes subidas producidas a principios del mes de junio de 2008, que originaron que el coste de los servicios de transporte fuera reduciendo los beneficios de los transportistas.

⁸⁵ El consumo del vehículo portacontenedores es de 38,5 litros a los 100km, y el del portavehículos de 40 litros a los 100km.

⁸⁶ Valor obtenido del mismo estudio anterior como coste de los neumáticos por kilómetro.

⁸⁷ Valor obtenido del mismo estudio anterior como coste de los neumáticos por kilómetro.

⁸⁸ Valor obtenido del mismo estudio anterior como coste de los neumáticos por kilómetro.

- *Coste tiempo transbordo:* se considera una hora, como tiempo necesario empleado para el proceso de carga y estiba del camión en el buque en origen, y para el proceso de desestiba y descarga del mismo en destino. El coste de este tiempo está estipulado en 26,78⁸⁹ euros por cada hora. Al calcularse 2 horas en origen y destino en concepto del tiempo de llegada del camión, espera en la terminal de carga y posterior embarque del mismo a bordo, el coste total final es de 107,12 euros.
- *Coste por milla recorrida:* Para obtener el coste unitario por milla marítima recorrida, se han utilizado los valores obtenidos por el estudio *Las Autopistas del mar como alternativa al paso de los Pirineos*⁹⁰. Éstos se basaban en una estadística del precio del flete que las compañías como Grimaldi aplicaban al metro lineal en sus líneas de transbordo rodado. El precio medio de este flete es de 39,16 euros por milla, en el que están incluidos los costes de las operaciones portuarias y el transporte entre ambos puertos. Multiplicando los 12 metros lineales por 39,16 euros, obteníamos que el coste del transporte de un FEU es de 469,92 euros al que le deducimos 120 euros de tarifas portuarias en origen y destino. Finalmente, si dividimos este último resultado 229,92 euros entre 352 millas náuticas o 652km, que es la distancia que separa por vía marítima ambos puertos, obtenemos el coste por milla navegada de 0,653 euros/milla ó 0,526 euros/km para un FEU, o lo que es lo mismo, para un remolque de 12m, con cabeza tractora, transportando un contenedor de 40'. No obstante en este estudio, se optó por actualizar dichas cifras y establecer tres precios en función de las tres tipologías de buque, en función de la velocidad, como se detallará más adelante.

Cabe mencionar que el precio del coste interno que se ha obtenido en cada ruta a partir del coste por milla desde aquí establecido, más los costes portuarios y de trasbordo, se ha comparado con tarifas reales ofrecidas por otras navieras así como con las observadas por el simulador de costes de la *Asociación Española de Short Sea Shipping*⁹¹ para esas rutas, y tanto en trayectos atlánticos como mediterráneos. El resultado observado es que los importes de todas las fuentes son muy similares. Lo mismo se ha realizado para los costes obtenidos por carretera, observándose también precios muy acordes con los ofrecidos por las empresas dedicadas al transporte terrestre.

De esta manera se comprueba que la metodología de cálculo empleada en este proyecto para la simulación de costes de las rutas se ajusta de manera muy exacta a la realidad del mercado actual, tanto para rutas terrestres como marítimas.

⁸⁹ Cifra obtenida del Observatori de costos del transport de mercaderies per carretera a Catalunya.

⁹⁰ *Las Autopistas del mar como alternativa al paso de los Pirineos*. Joan Olivella Puig, F. Xavier Martínez de Osés, Ricardo González Blanco, y Marcel·la Castells Sanabra. Financiado por la Secretaría de Transportes del Ministerio de Fomento. 2006.

⁹¹ Simulador de costes de cadenas multimodales de la *Asociación Española de Short Sea Shipping*. www.short-sea.org.

4.3. Estimación de los costes totales

A modo orientativo y una vez calculados los costes anuales de un buque en una línea y de la misma ruta cubierta por un camión, cabría la posibilidad de sumar ambos costes, para obtener una cifra anual única de coste por FEU o kilómetro recorrido.

De hecho, no es el objetivo de este trabajo obtener el coste total, ya que este puede depender mucho del coste interno en función de las condiciones de mercado, sinó la consecución del coste externo y en función de este, la propuesta de un posible extorno fiscal a los transportistas que usan el buque como alternativa.

Hoja 10: Resultados anuales

COSTES EXTERNOS ANUALES

Nº de viajes realizados al año	
Nº de FEU's transportados al año	
CONCEPTO	Coste (en €)
Ahorro por FEU transportado en cada viaje	
Ahorro total anual por cada FEU transportado	
Ahorro total anual de la línea	
Ahorro por FEU por km de carretera no recorrido por viaje	
Ahorro por FEU por km de carretera no recorrido al año	

COSTES INTERNOS ANUALES

CONCEPTO	Coste (en €)
Ahorro por FEU transportado en cada viaje	
Ahorro total anual por cada FEU transportado	
Ahorro total anual de la línea	
Ahorro por FEU por km de carretera no recorrido por viaje	
Ahorro por FEU por km de carretera no recorrido al año	

COSTES TOTALES ANUALES DE LA RUTA

	Coste (en €)
Ahorro por FEU transportado en cada viaje	
Ahorro total anual por cada FEU transportado	
Ahorro total anual de la línea	
Ahorro por FEU por km de carretera no recorrido por viaje	
Ahorro por FEU por km de carretera no recorrido al año	

A favor del modo marítimo	
En contra del modo marítimo	

Tabla 31: *Tabla Hoja 10. Resultados finales anuales del coste total de la ruta. Fuente: elaboración propia.*

Para obtener los costes totales, se calcularían los viajes que realiza el buque al año, dato que se obtiene de multiplicar la frecuencia semanal de la ruta por 2, ya que se realizan viajes de ida y vuelta con otro buque similar, y luego se multiplica por 52 semanas (en el hipotético caso de que el buque no entrara en dique para el mantenimiento anual).

A continuación se calcularía el número de FEUs susceptible de ser transportado al año por la ruta, y siendo a la vez un número equivalente al número de camiones que dejan de circular por carretera. Este dato se obtiene de multiplicar el número de viajes anual por el número de FEUs transportado en cada viaje por un solo buque.

Seguidamente se calcularían los resultados anuales para los costes externos. El ahorro por FEU transportado en cada viaje, se obtiene de la anterior Hoja 10, y con éste se obtiene el ahorro anual por cada FEU transportado al multiplicarlo por el número de viajes realizados al año. El ahorro total anual de la línea lo obtenemos multiplicando el ahorro por cada FEU transportado en un solo viaje, por el número de FEUs transportados al año por toda la línea.

Se sigue el mismo proceso para calcular todas las partidas equivalentes a los costes internos, para finalmente sumando todas las partidas de ahorros en costes internos y externos, obtener los posibles ahorros en costes totales anuales.

5. Rutas y buques seleccionados para el estudio.

Para llevar a cabo este estudio, se han elegido un total de 29 conexiones de entre el total de las líneas consideradas como transporte marítimo de corta distancia, que son realizadas por distintas navieras tanto españolas como de otros países comunitarios. Estas líneas seleccionadas, son servidas por buques de transbordo rodado, siendo por tanto una opción multimodal real.

Se han seleccionado líneas que tuvieran como punto de origen ciudades peninsulares y como destino, a puertos de países⁹² de la Unión Europea. Por otro lado, la frecuencia mínima de la línea se estableció en una vez por semana. Para poder establecer una ruta promedio de todas las estudiadas, que fuese lo más representativa posible, se han podido incluir en el apartado correspondiente, líneas marítimas con distancias muy dispares entre los puntos de origen y destino. De modo que para la estimación de la viabilidad de iniciar una nueva ruta y definir una hipótesis del coste que supondría, ésta estaría contemplada y se ajustaría al modelo de cálculo en cualquier distancia marítima propuesta. Hay que destacar también, que algunas rutas tienen orígenes o destinos próximos o idénticos a otras, a veces con los mismos países, pero no por ello, dejan de ser rutas existentes en la actualidad, servidas por diferentes compañías.

A lo largo de la elaboración del estudio, alguna de las rutas ha sido modificada por la naviera responsable y otras han sido anuladas. Debido a esto, algunas de ellas pueden no coincidir en el momento de publicación. De la misma forma, los buques que las realizan también pueden haber variado, bien porque se cambiaron a otras rutas, bien porque durante el año y según la demanda de servicio éstos son enviados a otros destinos, o bien porque fueron vendidos a otras navieras. Estos factores también se han tenido en cuenta. También se ha deducido, el hecho que la mayoría de navieras que a principios de siglo, habían incorporado buques de alta velocidad para cubrir el aumento de demanda de pasaje en verano, manteniendo buques de transbordo rodado con una relativamente alta capacidad de carga; mientras que últimamente han vendido buena parte de su flota de alta velocidad (o cancelado los contratos de fletamento) y han ido sustituyendo los buques Ro/Ro y Ro/Pax, por otros de tipo ferry con una mayor capacidad para el pasaje a costa de una menor capacidad de carga. Un ejemplo de ello son las últimas entregas de la naviera Balearia, como el “Martín i Soler”, “Passió per Formentera”, “SF Alhucemas” o los “Cruise Roma” y “Cruise Barcelona” de Grimaldi Lines.

Algunas de las navieras mantienen acuerdos de fletamento de buques entre sí, como es el caso de U.E.C.C. con Flota Suardiaz y con Wallenius Wilhelmsen lines. En cuanto a las líneas consideradas, se ha realizado un exhaustivo estudio de las mismas, optando por diferenciar entre las líneas de contenedores y las de transbordo rodado, como primer criterio de segregación.

⁹² A excepción de las rutas con Turquía, que se consideraron interesantes de contemplar aunque de forma testimonial, porque la escala directa con España recala en un puerto anterior.

Los cálculos se han realizado sobre los últimos, por ser la alternativa más lógica en las cadenas de transporte multimodal.

El segundo criterio de segregación, ha sido la agrupación de las líneas en las dos grandes cuencas marítimas que bañan la península ibérica, como son la Atlántica y la Mediterránea. Es por ello que se han dividido en dos zonas bien diferenciadas que se corresponden precisamente con dos de las áreas definidas como Autopistas del Mar⁹³ por la U.E. en su *Libro Blanco del Transporte: tiempo de decidir*⁹⁴, a las que ya considera como parte integrante de las llamadas Redes Trans Europeas de Transporte (RTE-T)⁹⁵. Observamos que las rutas definidas en el arco atlántico estarían englobadas en la Autopista del mar de Europa Occidental⁹⁶, y las definidas en el arco mediterráneo formarían parte de la Autopista del mar del suroeste⁹⁷.

Finalmente se han agrupado con el criterio de país de destino, encontrándose conexiones en el Mediterráneo con Francia, Italia, Grecia y Turquía y en el Atlántico con Francia, Bélgica, Holanda, Alemania y Finlandia. Otra hipótesis de partida ha sido la de contemplar sólo las líneas con una frecuencia de recalada semanal o superior. y con el objeto de simplificar los cálculos, en los casos en los que las propias líneas marítimas tuvieran una gran complejidad de destinos, por estar compuestas por varios puertos de recalada entre el origen y el destino, se han seccionado estas en tramos simples, considerando sólo el tramo entre puerto español y destino.

En este aspecto, se considera que los parámetros de flexibilidad, rapidez, regularidad y eficacia que una línea de transporte marítimo de corta distancia requiere, no se verían del todo satisfechos por las mismas, aunque sí cumplirían objetivos tan propios del mismo como son acercar regiones remotas de países comunitarios, en cuanto a términos de cohesión social y económica. Además, se considera que a partir de cierta distancia, el servicio por carretera alternativo con destino a países tan remotos es inexistente, por ser de entrada completamente antieconómico y siendo por tanto la alternativa marítima claramente superior e incluso la única. No en vano, es en rutas de este tipo donde se observarían las cifras de costes internos y externos más favorables

⁹³ “Una autopista del mar está integrada por el conjunto de orígenes y destinos, agentes, servicios e infraestructuras físicas que intervienen en la cadena de transporte en el entorno de un mar que los aglutina, y que posee unos estándares de calidad para los usuarios, operatividad y eficiencia que los convierte en una alternativa para el transporte atractiva para los cargadores y beneficiosa para la sociedad”. *El concepto de Autopistas del Mar en relación con España*. Asociación Española de Promoción del Transporte Marítimo de Corta Distancia. Consultrans. Septiembre, 2003, p. 167.

⁹⁴ COM (2001) 370 final. La política europea de transportes de cara al 2010. Bruselas (2001).

⁹⁵ La Red Trans Europea de Transporte (RTE-T) tiene como objetivo principal fomentar el establecimiento de nuevas conexiones regulares de carga entre estados miembros fomentando la sostenibilidad.

⁹⁶ Establece una conexión entre la Península Ibérica con el mar del Norte y el mar de Irlanda a través del Atlántico.

⁹⁷ Establece una conexión entre España, Francia, Italia y Malta, con la Autopista del mar de Europa del sureste (conexión del mar Adriático con el Jónico y el Mediterráneo oriental para englobar a Chipre). Existen además de las tres citadas anteriormente, la Autopista del mar Báltico que conecta los Estados miembros del mar Báltico con los de Europa central y occidental.

para la opción marítima, y para dejar constancia de ello se han incluido las que conectan con Turquía ⁹⁸. La metodología seguida para el análisis de las rutas, se basa en un estudio preliminar por separado de cada una de ellas. Este estudio se inicia con el cálculo del tiempo necesario para llevarla a cabo por carretera y mar; el coste económico (interno) y medioambiental (externo) de cada una para ambos modos, con este último (en ambos medios) se calcula el ahorro potencial que supone la ruta marítima para proponer un ahorro de los mismos costes externos por kilómetro recorrido y por FEU. Además como se explica en el apartado de metodología de cálculo, se calculan otras variables de ahorro por FEU transportado por vía marítima, entre otros aspectos. Este proceso se sigue de idéntico modo para cada buque que realiza la ruta, si se da el caso de ser varios buques con diferentes características de potencia y carga. Finalmente se obtienen unos resultados de costes que son promedio de todos los buques.

Una vez finalizadas todas las rutas de cada área, se realizará una comparación de los costes de cada una, tanto para un viaje como para el acumulado durante un año, y finalmente un promedio de la ruta y de la zona marítima. Este último resultado final, es una ruta promedio que se obtiene del promedio de todas las rutas. A partir de aquí se obtienen distintos resultados aplicables al transporte de mercancías entre España y la Unión Europea.

5.1. Navieras

Las navieras que realizan las líneas marítimas de SSS objeto de análisis de este estudio son las siguientes:

Naviera	Número de líneas
Grimaldi Group Napoli (Atlántica di Navi.)	6
U.E.C.C.	5
Flota Suardíaz	4
NEPTUNE Lines	3
Finnlines	2
MTSUI OSK Lines	1
Grandi Navi Veloci	1
Transfennica	1
USTICA Lines	1
ACCIONA Trasmediterranea	1
VW Transport lines GmbH	1
MANN Lines	1
EMC	1
UPM Kimene	1
Total	29

Tabla 32. Listado de las navieras que atienden las 29 conexiones consideradas en la hipótesis inicial. Fuente: elaboración propia.

⁹⁸ Rutas como Valencia-Salerno-Gemlik o Vigo-Pireo-Derince, las cuales se han calculado hasta el primer puerto de escala extranjero.

5.2. Países de destino

Los países comunitarios de destino los podemos dividir en dos grandes áreas que corresponden con los arcos mediterráneo y atlántico.

5.2.1. Arco Mediterráneo

Francia

Puerto origen-destino	Frecuencia semanal	Naviera
Barcelona-Fos Sur Mer	1	Flota Suardíaz
Valencia-Marsella	2	NEPTUNE Lines

Tabla 33. Líneas marítimas con Francia. Fuente: elaboración propia.

Italia

Puerto origen-destino	Frecuencia semanal	Naviera
Barcelona-Civitavecchia	7	Atlántica di Navigazione
Barcelona-Génova	7	Grandi Navi Veloci
Barcelona-Livorno	3	Atlántica di Navigazione
	1	MTSUI OSK Lines
Valencia-Salerno	3	Grimaldi Group Napoli
Valencia-Livorno	2	Grimaldi Group Napoli
Valencia-Palermo	2	Grimaldi Group Napoli
Tarragona-Salerno	2	Flota Suardíaz
Tarragona-Livorno	2	Flota Suardíaz
Tarragona-Civitavecchia	1	Flota Suardíaz
Málaga-Livorno	1	U.E.C.C.
	1	USTICA Lines

Tabla 34. Líneas marítimas con Italia. Fuente: elaboración propia.

Grecia

Puerto origen-destino	Frecuencia semanal	Naviera
Valencia-Pireo	1	NEPTUNE Lines
Barcelona-Pireo	1	NEPTUNE Lines

Tabla 35. Líneas marítimas con Grecia. Fuente: elaboración propia.

Turquía

Puerto origen-destino	Frecuencia semanal	Naviera
Valencia-Salerno-Gemlik	3	GRIMALDI Group

Tabla 36. Líneas marítimas con Turquía. Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Arco atlántico

Alemania

Puerto origen-destino	Frecuencia semanal	Naviera
Santander-Emden	1	VW Transport GmbH
Santander-Cuxhaven	1	MANN Lines

Tabla 37. Líneas marítimas con Alemania. Fuente: elaboración propia.

Bélgica

Puerto origen-destino	Frecuencia semanal	Naviera
Bilbao-Antwerp	2	FINNLINES
Bilbao-Zeebrugge	3	Transfennica
Pasajes-Zeebrugge	1	U.E.C.C.
Santander-Zeebrugge	2	E.M.C.
Santander-Zeebrugge	1	U.E.C.C.
Vigo-Zeebrugge	3	U.E.C.C.

Tabla 38. Líneas marítimas con Bélgica. Fuente: elaboración propia.

Finlandia

Puerto origen-destino	Frecuencia semanal	Naviera
Bilbao-Kotka	2	FINNLINES
Santander-Kotka	1	UPM Kimene

Tabla 39. Líneas marítimas con Alemania. Fuente: elaboración propia.

Francia

Puerto origen-destino	Frecuencia semanal	Naviera
Vigo-Saint Nazaire	7	ACCIONA-Trasmediterranea
Bilbao-Le Havre	1	Grimaldi Lines

Tabla 40. Autopista del Mar con Francia. Fuente: elaboración propia.

Holanda

Puerto origen-destino	Frecuencia semanal	Naviera
Pasajes-Vlissingen	1	U.E.C.C.

Tabla 41. Líneas marítimas con Holanda. Fuente: elaboración propia.

5.3. Estudio de las características de los buques analizados

Las 29 conexiones que se han seleccionado para llevar a cabo este estudio están siendo cubiertas actualmente (Mayo 2009) por un total de 47 buques. Estos, pueden cambiar de línea en función del criterio del armador, para ofrecer un servicio a medida según los cambios que puedan encontrarse en la demanda.

5.3.1. Velocidad de los buques

La velocidad promedio obtenida de la suma de todas las velocidades de los buques observados, es de 20,5 nudos; la velocidad que más se repite de entre todas las observadas es la de 20 nudos, siendo un 36,2% del total de velocidades. Un 31,9% de las velocidades es superior a 20 nudos, y un 31,9% inferior. Las velocidades mínimas y máximas observadas son 14 y 32 nudos respectivamente, correspondiendo al buque "Arroyofrío dos", a mínima y al "Eurostar Barcelona" la máxima.

El 76,6% de los buques desarrolla velocidades entre los 17 y los 23 nudos, inclusive. Siendo este rango, el considerado como idóneo por los armadores, dado que aúna una velocidad razonable para las distancias contempladas, pudiendo ofrecer tiempos de tránsito cabales y manteniendo a la vez el consumo y por tanto las emisiones contaminantes, dentro de límites aceptables para las rutas.

Concepto	Velocidad (nudos)	Nº de buques	% del total
Velocidad promedio	20,5	-	-
Velocidad tipo	20	17	36,2
Velocidad máxima	32	1	2,1
Velocidad mínima	14	1	2,1
Velocidad mayor de	20	15	31,9
Velocidad menor de	20	15	31,9

Tabla 42. Velocidad de la flota observada. Fuente: elaboración propia.

5.3.2. Edad de la flota

La edad promedio obtenida de los buques analizados es de poco más de 12 años, resultando una edad no excesivamente elevada. Este aspecto es beneficioso en el sentido de fiabilidad de los buques, sobretodo tratándose de buques ro-ro y ro-pax, debido a los mecanismos de los que disponen en su interior, como ascensores, rampas y sistemas hidráulicos, además del sistema de estabilización que opera durante la carga. Por otro lado tenemos el aspecto de la seguridad, en cuanto a que transportan muchos de ellos pasaje y al hecho de que las inspecciones del Estado Rector del Puerto, no encuentren deficiencias que puedan detenerles y hacer perder la línea.

Concepto	Años	Nº de buques	% del total
Edad promedio	12,5	-	-
Edad tipo	10	5	10,6
Edad máxima	34	1	2,1
Edad mínima	1	1	2,1
Edad mayor de	20	7	16,3
Edad mayor de	10	22	46,8
Edad menor de	10	20	42,5
Edad menor de	5	5	10,6

Tabla 43. Edad de la flota. Fuente: elaboración propia.

La edad máxima observada es de 34 años, correspondiendo únicamente a un solo buque, el “Carlo Morace” de Ustica Lines. Con edades menores deberíamos de resaltar el buque “Neptune Hellas” con 30 años, el buque “Malta Express” con 29 años de Grimaldi Group y el buque “Borden” con 28 años de MANN Lines. La edad mínima corresponde al buque Cruise Roma, siendo de solamente de 15 meses a junio de 2009.

Hemos podido observar que algunas de las recientes líneas abiertas, se cubren con buques existentes de cierta edad, que posiblemente provienen de otras líneas o estaban parados. Este hecho no presupone que la naviera no tenga previsto un rápido reemplazo de estas unidades, en el momento en que la línea se afiance.

La edad tipo que se repite con más frecuencia es de 10 años, siendo un 10,6% del total.

La potencia máxima observada es de 55.440 kW, correspondiente al Cruise Roma, siendo el buque más grande (y nuevo, 15 meses a Junio de 2009), a excepción de los car-carriers que están en servicio, con 3.060 metros lineales de garaje. La potencia mínima corresponde al buque Salerno Express, siendo de 4.487 kW y el valor promedio de 17.847,7 kW. Sólo 10 buques superan los 20.000 kW, coincidiendo precisamente con los buques más rápidos y con mayor capacidad de pasaje.

El tipo de motor principal de que disponen los buques es mayoritariamente diésel cuatro tiempos dada la estructura de un buque de transbordo rodado en el que se prima la necesidad de disponer una cubierta de carga principal alineada con la altura del muelle, por lo que la cámara de máquinas no puede ser excesivamente alta. Lo que implica montar motores de 4 tiempos con velocidades de giro medias o rápidas. Solamente el 23,4% de los buques, dispone de motores de dos tiempos.

Concepto	Promedio	Tipo	Máxima	Mínima
Potencia (nudos)	17.847,7	-	55.440	4.487
Eslora (metros)	167,8	214	225	105,5
Manga (metros)	24,7	32,2	32,2	17,2
Calado (metros)	7,2	9,4	9,7	5,7
Tonelaje (GT)	25551,4	56738	56738	3280
Peso Muerto (Tm)	12334,6	-	26169	3933

Tabla 44. Características de la flota. Fuente: elaboración propia.

En cuanto al abanderamiento de los buques en la flota española, se ha observado una reducción de casi el 15%, respecto a junio de 2008. La bandera con mayor incidencia es la italiana, dado que el grupo Grimaldi, controla un número importante de líneas, pero además con un alto número de buques en algunas de las líneas para mantener una rotación elevada. Las banderas con un menor número de buques son las de Panamá de la línea Volkswagen Transport GmbH, Antigua y Barbuda de la naviera Transfennica y de Singapur de la naviera Wallenius pero operados por U.E.C.C., correspondientes a buques car-carriers

Bandera	Nº de buques	% del total
España	3	6,4
Italia	20	42,5
Malta	6	12,7
Suecia + I. Aland	5	10,6
Portugal	4	8,5
Finlandia	4	8,5
Singapur	2	4,3
Antigua & Barbuda	2	4,3
Panamá	1	2,2

Tabla 45. Distribución de los pabellones de la flota. Fuente: elaboración propia.

6. Análisis de las rutas. Cálculo de costes

En este apartado, se han calculado las 29 conexiones contempladas en el anterior capítulo, incluyendo en cada una de ellas, los buques que las están sirviendo. Cada conexión estará definida por la distancia entre los dos puntos considerados y el tiempo que tardaría un camión en realizar dicho recorrido, cumpliendo la normativa de tiempos de conducción actualmente en vigor. Al tiempo resultante se le suman 1,5 horas en origen y en destino, que cubran las tareas de carga del camión y la posterior descarga.

Características de la ruta	
Puerto de origen	
Puerto de destino	
Distancia terrestre (km)	
Tiempo invertido por carretera (h)	
Distancia marítima (km/mn)	
Frecuencia	
Compañía	

Tabla 46. Modelo de tabla donde se especifiquen los detalles de la ruta. Fuente: elaboración propia.

Respecto de los buques en cada línea, éstos se han definido a partir de sus características principales tales como dimensiones, potencia de la máquina principal, velocidad máxima y otros detalles como la bandera o la capacidad de carga real. En esta publicación los buques, no se han incluido.

De este modo, dividiendo la distancia marítima por la velocidad del buque, se obtendrá el tiempo de tránsito marítimo al que le sumamos siempre dos horas por las operaciones de carga y descarga en cada uno de los extremos de la línea. Con este dato, se podrá realizar la comparativa entre el tiempo de tránsito teórico del buque a su máxima velocidad frente al camión, deduciendo así la diferencia en tiempo.

El apartado más interesante y objeto de este estudio, es el de la estimación de los costes externos, el cual se obtendrá a partir de la potencia de la máquina principal del buque, relacionando la cifra de kilovatios por hora con el tiempo de viaje. Lo mismo se realizará para el camión, tomando un modelo concreto de camión cuyas emisiones se considerarán cumplen la normativa Euro V. Los detalles se han aclarado en apartados anteriores.

El resultado final se reflejará en un cuadro, en el que figuren los ahorros en costes externos por kilómetro no recorrido en carretera por parte de un contenedor de 40 pies (FEU). Con esta cifra de ahorro en costes externos por recorrido, se puede barajar un posible valor objetivo de exención, subvención o retorno fiscal, de origen ambiental, para cada camión que elija la opción marítima, usando alguno de los buques que sirven las rutas seleccionadas en este estudio.

6.1 Análisis del promedio de las rutas mediterráneas

A partir de los valores medios de todas las rutas mediterráneas, se obtiene una ruta promedio con las particularidades medias, que se detallan en las siguientes tablas y gráficas.

Ruta	Origen-Destino	Distancia por carretera (km)	Distancia marítima (mn)	Potencia (kW)	Velocidad (nudos)	Nº de FEU's
1	Barcelona-Civitavecchia	1274	439	45.848	28,83	114
2	Barcelona-Génova	857	352	32.579	23,6	112
3	Barcelona-Fos Sur Mer	454	185	12960	20	77
4	Barcelona-Livorno	1033	387,6	21.600	23	138
5	Valencia-Salerno	1946	731	12903	20,36	99
6	Valencia-Livorno	1373	538,3	11473	20,6	70
7	Valencia-Palermo	2616 ⁹⁹	651	13.710	20,6	120
8	Tarragona-Salerno	1695	735,3	12960	20	77
9	Tarragona-Livorno	1121	427	4796	14	50
10	Tarragona-Civitavecchia	1363	484	12960	20	77
11	Vigo-Livorno	2061	1380	7943	18	307*
11.1	Vigo-Málaga	1069	580	7943	18	307*
11.2	Málaga-Livorno	2033	814	8972,3	18	226,2*
12	Barcelona-Marsella	507	185	12600	20	272*
13	Valencia-Marsella	852	345	12600	20	272*
14.1	Valencia-Pireo-D.	2742	1237	12600	20	272*
14.2	Valencia-Pireo-G.	2742	1237	11060	20,1	159*
15	Barcelona-Koper	1397,4	1296	3884	15,7	76*
16	Barcelona-Pireo	2397,3	1156	7356	17,5	88
Ruta promedio mediterránea		1554,3	692,6	14.039	19,9	153,32

Tabla 47. Valores medios de cada una de las rutas y ruta promedio resultante del área mediterránea. Fuente: Elaboración propia.

⁹⁹ Para todas las tablas de este Proyecto, los valores en negrita corresponde a los máximos, y los valores con asterisco, corresponden a Car-Carriers. La capacidad total de remolques portacoches.

6.1.1. Distancias

La media de distancias entre el puerto de origen y destino sería para la terrestre de 1.554,3 kilómetros. La distancia superior sería la de la ruta nº 14.2 Valencia-Pireo, con 2.742 km, y la inferior la de la ruta nº 3 Barcelona-Fos Sur Mer, con 454 km. La distancia marítima media es de 692,6 millas náuticas, siendo la más larga la de la ruta nº 11 Vigo-Livorno con 1.380 millas náuticas y la más corta la de la ruta nº 3 Barcelona-Fos Sur Mer, con 185 millas.

6.1.2. Potencia del buque

La potencia del buque tipo sería de 14.039 kW, siendo la media máxima la de la ruta nº 1 Barcelona-Civitavecchia, con 45.848 kW, y la mínima la de la nº 15 Barcelona-Koper, con 3.884 kW del único buque que la sirve, el Neptune Hellas. Se observa un valor de potencia instalada superior en los buques más modernos.

6.1.3. Velocidad del buque

La velocidad tipo es de 19,9 nudos, con una mínima de 14 nudos para la ruta nº 9 Tarragona-Livorno, y una máxima de 28,8 nudos correspondiente a la ruta nº 1 Barcelona-Civitavecchia.

6.1.4. Número de FEUs transportados

La capacidad media de los buques implicados en el área mediterránea, es de 153,3 FEUs por buque. Este valor medio, se reduce a 96,7 FEU's, si se extraen del promedio los buques porta coches. La máxima capacidad la encontramos en las rutas de Barcelona y Valencia a Marsella y la de Valencia a El Pireo, dado que la realizan buques car-carrier con una elevada capacidad de carga (hasta 272 FEUs). La mínima capacidad se observa en la ruta nº 9 Tarragona-Livorno, con 50 FEUs de media.

6.2. Desglose de costes externos de la ruta promedio

En la tabla siguiente se observan los costes desglosados por cada tipo de agente contaminante, obtenidos a partir de los proyectos analizados Externe y Realise. Posteriormente los valores concretos se han obtenido a partir de los valores obtenidos de la ruta promedio de todas las rutas mediterráneas.

	Total terrestre
SO ₂	42,7431
NO _x	3396,992
CO	0,563207
nm-VOC	87,56601
PM	3987,863
Total	7515,728
Resto de costes externos (€)	
Coste contaminación acústica	49123,08
Coste accidentalidad	11857,3
Coste de congestión	7714,018
Coste del calentamiento global	283,1424
Coste del trasbordo	2,090414

Tabla 48. Desglose de costes externos terrestres de la ruta promedio del área mediterránea. Fuente: Elaboración propia.

	Total marítimo
SO ₂	7570,958
NO _x	1773,802
CO	0,82723
nm-VOC	82,22522
PM	9358,426
Total	18786,24
Resto de costes externos (€)	
Coste contaminación acústica	1,064257
Coste accidentalidad	512,8628
Coste de congestión	990,8865
Coste del calentamiento global	-3018,38
Coste del trasbordo	0

Tabla 49. Desglose de costes externos marítimos de la ruta promedio del área mediterránea. Fuente: Elaboración propia.

	Diferencia terrestre -marítimo
SO ₂	-7528,22
NO _x	1623,19
CO	-0,26402
nm-VOC	5,34079
PM	-5370,56
Total	-11270,5
Resto de costes externos (€)	
Coste contaminación acústica	49122,02
Coste accidentalidad	11344,43
Coste de congestión	6723,131
Coste del calentamiento global	3301,521
Coste del trasbordo	2,090414

Tabla 50. Desglose de la diferencia de los costes externos de la ruta promedio del área mediterránea. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 51 se muestran los valores medios de la rutas mediterráneas en cuanto al ahorro en un sólo viaje en costes externos. Dicho ahorro de costes externos se computa por FEU transportado por vía marítima y por FEU y por kilómetro de carretera no recorrido. Los resultados promedio, indican que el ahorro por costes externos medio en el área mediterránea, sería de unos 30 céntimos de euro por FEU y kilómetro de carretera no recorrido. Ello supone que en el caso de una ruta como la número 2 entre Barcelona y Génova, la distancia no recorrida por el camión, es de 857 kilómetros. Aplicando el valor del ahorro por FEU y kilómetro de la propia ruta, que es de 0,1462 o el promedio de 0,3068; significa que la sociedad se evita una cantidad igual a 125,3 euros o 262,93 euros respectivamente en costes externos, que podrían deducirse de los impuestos abonados por el transportista que elige la opción marítima.

Nº.	Ahorro por FEU en costes externos		Ahorro (en € en coste externo por FEU y km de carretera no recorrido)
	Rutas	Costes Externos (en €)	
1	Barcelona-Civitavecchia	223,96	0,1758
2	Barcelona-Génova	125,33	0,1462
3	Barcelona-Fos Sur Mer	100,27	0,2209
4	Barcelona-Livorno	298,327	0,2888
5	Valencia-Salerno	694,31	0,3568
6	Valencia-Livorno	659,145	0,3387
7	Valencia-Palermo	928,95	0,3551
8	Tarragona-Salerno	421,22	0,2485
9	Tarragona-Livorno	328,68	0,2932
10	Tarragona-Civitavecchia	374,02	0,2744
11	Vigo-Livorno	767,93	0,3726
11.1	Vigo-Málaga	403,1	0,3771
11.2	Málaga-Livorno	696,45	0,3425
12	Barcelona-Marsella	183,38	0,3617
13	Valencia-Marsella	312,31	0,3666
14.1	Valencia-Pireo	1016,99	0,3709
14.2	Valencia-Pireo	953,36	0,3477
15	Barcelona-Koper	388,21	0,2778
16	Barcelona-Pireo	751,28	0,3139
Ruta promedio mediterránea		506,7	0,3068

Tabla 51. Ahorro en costes externos, por FEU transportado y por FEU por kilómetro de carretera no recorrido, de la ruta promedio del área mediterránea. Fuente:Elaboración propia.

La ruta que obtiene un rendimiento mayor en ahorro de costes externos, es la número 14 entre Valencia y Pireo. Estos resultados son lógicos, ya que es una de las rutas con una de las distancias más largas entre origen y destino tanto por tierra como por mar (2.742 km y 1.237 mn), servidas por buques (Neptune Okeanis y Neptune Thelissis) con una alta capacidad de carga (272 FEU's) dada su naturaleza de car carriers, donde el espacio de carga se aprovecha mucho más. Además la potencia de los buques no es de las más elevadas (12.600 kW) con una velocidad media a moderada, de 20 nudos.

La ruta número 11 entre Vigo y Málaga, sin embargo es la que obtiene un valor de ahorro en coste externo por kilómetro no recorrido y FEU, mayor. Las razones son en este caso, debida a los buques usados (Arabian Breeze y Yohjin), ya que disponen de la más alta capacidad de carga (307 FEU's) dada su naturaleza de car carriers. La potencia de los buques usados es media-baja (7.493 kW).

La ruta número 3 entre Barcelona y Fos Sur Mer, es la que obtiene un menor rendimiento en cuanto a ahorro en costes externos por FEU transportado. De hecho es una de las rutas donde la distancia terrestre y marítima son más bajas y más parecidas (454 kilómetros frente a 185 millas o 342,62 kilómetros). También afecta el hecho de que el buque utilizado (La Surprise), aún disponiendo de una potencia media (12.600 kW) que le impime una velocidad buena de 23 nudos, dispone de una capacidad de carga media a baja (77 FEU's).

6.3. Cálculo del umbral de rentabilidad

Partiendo de la condición inicial obtenida de la ruta promedio del área mediterránea, se han introducido diversas situaciones de carga para simular cómo aumentan o disminuyen los costes externos, cómo varía el ahorro por FEU, y el ahorro por FEU y kilómetro no recorrido; en función de la capacidad del buque en FEUs. El abanico de posibilidades va desde los 130 FEUs hasta los 30 FEUs, que son valores máximos y mínimos que podrían darse en la realidad. El resto de parámetros de la ruta y del buque se han mantenido invariables, como por ejemplo la potencia del motor principal.

6.3.1 Gráficas en función de la capacidad del buque

En la gráfica 6, se observa cómo varía el ahorro en costes externos según varía la capacidad media en el área mediterránea de 97 FEUs. El ahorro en costes externos aumenta hasta un máximo de 61.501,13 € para una capacidad de 130 FEU's y disminuye hasta unos valores negativos de -3.144,11 € para los 30 FEU's. El umbral de rentabilidad se sitúa en 35 FEUs, como valor a partir del cual el ahorro en costes externos es cero, y comienza a ser positivo.

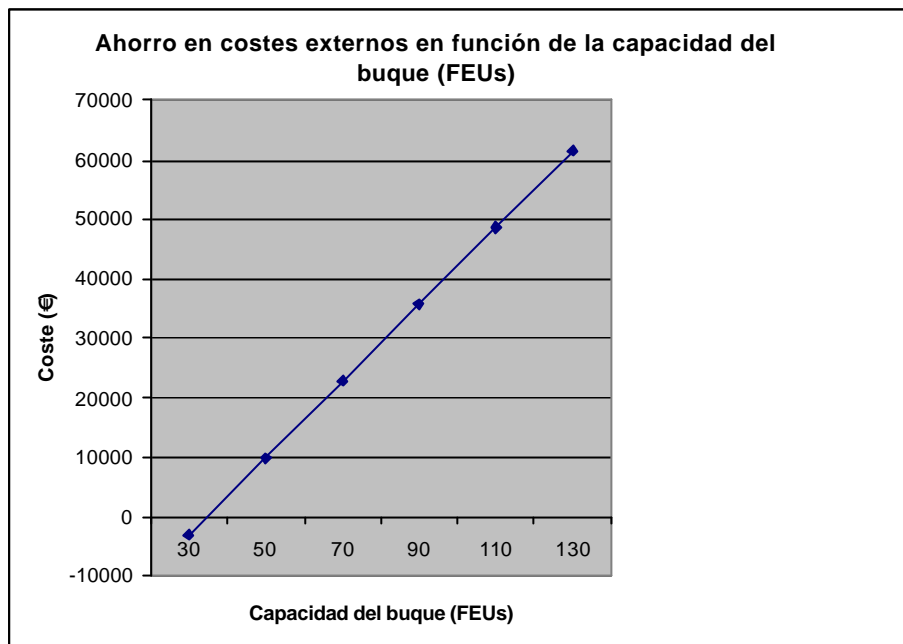


Ilustración 6. Ahorro en costes externos en función de la capacidad del buque (FEUs).
Ruta promedio área mediterránea. Fuente: Elaboración propia.

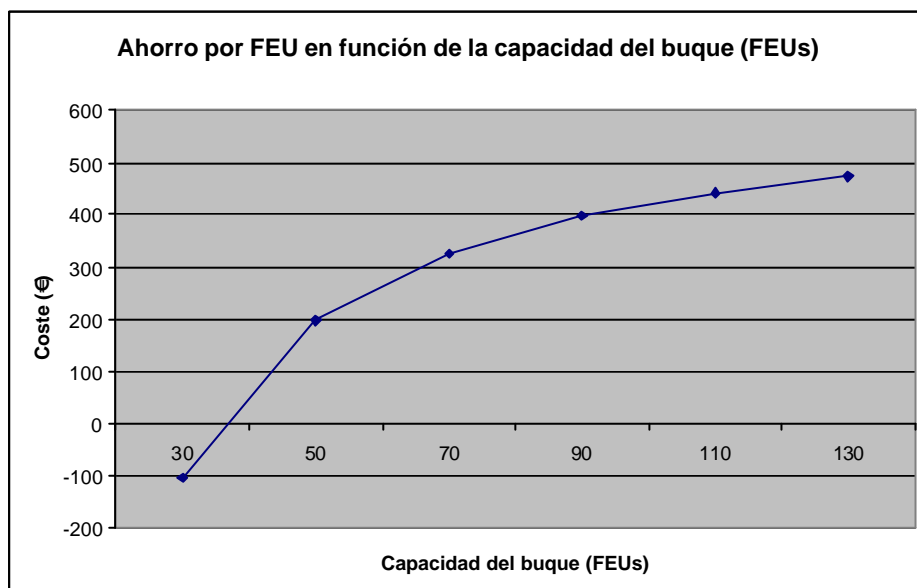


Ilustración 7. Ahorro por FEU en costes externos, en función de la capacidad del buque (FEUs). Ruta promedio del área mediterránea. Fuente: Elaboración propia.

6.3.2 Gráficas en función de la potencia del buque

Partiendo de la condición inicial obtenida de la ruta promedio del área mediterránea, se han introducido diversos valores de potencia para simular cómo aumentan o disminuyen el ahorro en costes externos por FEU, en función de la potencia del motor principal del buque en kilovatios.

El abanico de potencias va desde los 3.000 kW hasta los 52.000 kW, que son valores máximos y mínimos que se han observado en la flota. El resto de

parámetros de la ruta y del buque se han mantenido invariables, como por ejemplo la capacidad del buque en FEUs.

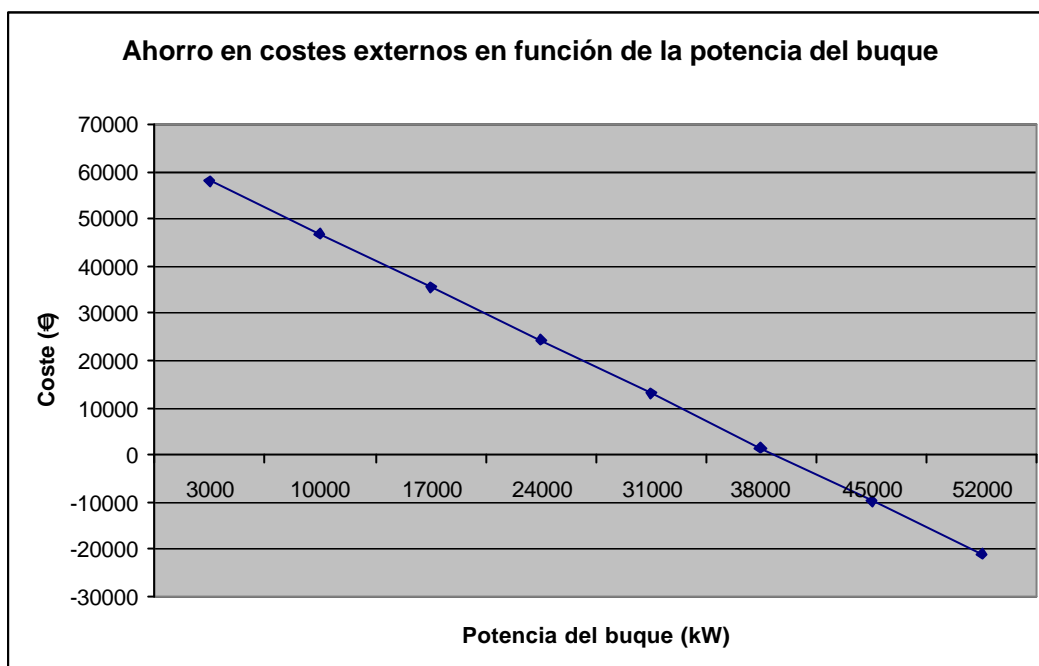


Ilustración 8. Ahorro en costes externos en función de la potencia (kW). Ruta promedio área mediterránea.Fuente: Elaboración propia.

El valor de potencia motor, en el que se obtienen valores negativos de ahorro en costes externos, es de 39.060,26 kW a partir del cual, los valores de ahorro en costes externos son negativos.

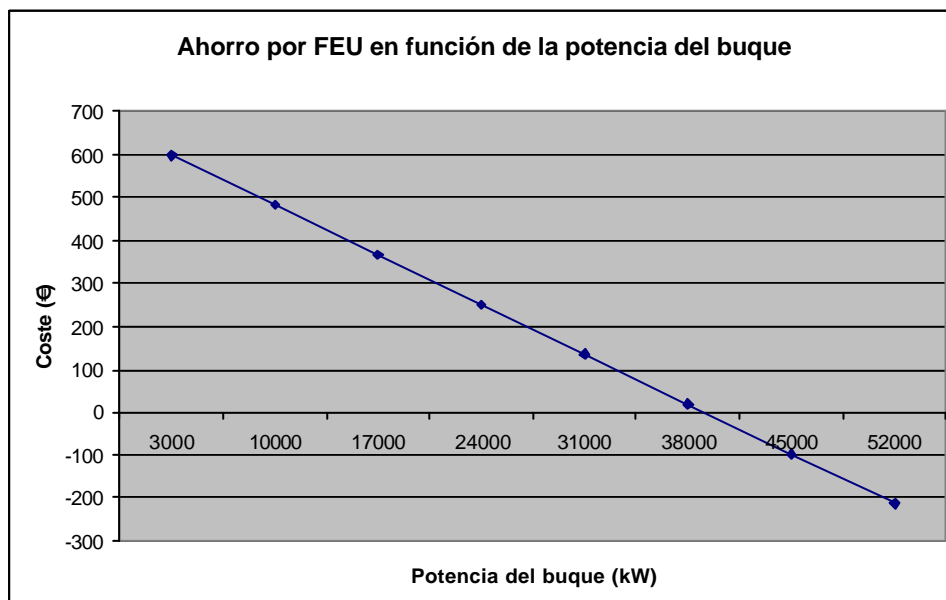


Ilustración 9. Variación del ahorro en costes externos, en función de la potencia del buque (kW).Ruta promedio área mediterránea. Fuente: Elaboración propia.

6.4 Análisis del promedio de las rutas atlánticas

A continuación se detallan las medias de las rutas atlánticas.

Ruta	Origen-Destino	Distancia por carretera (km)	Distancia marítima (mn)	Potencia (kw)	Velocidad (nudos)	Nº de FEU's
17	Bilbao-Zebrugge	1220	705	11.030	20	83
18	Bilbao-Antwerp	1255	776	15.600	20	91
19	Pasajes-Vlissingen	1183	726	9293,33	20	142*
20	Santander-Zeebrugge	1317	682	9.293,33	20	115*
21	Pasajes-Zeebrugge	1.122	723	9293,33	20	115*
22	Vigo-Zeebrugge	1876	804	12900	20	128*
23	Vigo-Bremerhaven	2431	1075	16.800	20,9	140*
24	Santander - Emdem	1758,5	902	6840	16,7	250*
25	Santander – Cuxhaven	1908	949	8780	17	61
26	Vigo – Saint Nazaire	1421,5	500	25204	22	114
27	Bilbao – Kotka	3056	1927	5880	16,5	66
28	Santander – Kotka	3144	1904	15000	20	68
29	Le Havre - Bilbao	1108	566	17655	19,4	789
Ruta promedio atlántica		1753,85	941,5	12582,2	19,4	166,3

Tabla 52. Características de la ruta promedio del área atlántica. Fuente: Elaboración propia.

6.4.1. Distancias

La media de distancias entre el puerto de origen y destino sería en el caso de la terrestre de 1.753,85 kilómetros. La distancia superior sería la de la ruta número 28 entre Santander y Kotka en Finlandia, con 3.144 kilómetros y la inferior la de la ruta número 29 entre Bilbao y Le Havre, con 1.108 kilómetros. La distancia marítima media es de 941,5 millas náuticas, siendo la más larga la de la ruta número 27 entre Bilbao y Kotka con 1.927 millas náuticas y la más corta la de la ruta número 26 entre Vigo y Saint Nazaire, con 500 millas náuticas.

6.4.2. Potencia del buque

La potencia del buque tipo sería de 12.582 kW, siendo la máxima la de la ruta número 26 entre Vigo y Saint Nazaire, con los 25.204 kW del buque Superfast Levante, siendo la mínima la de la ruta número 27 entre Bilbao y Kotka, con 5.880 kW del único buque que la sirve, el Birka Transporter. Se observa un

valor de potencia instalada superior, en los buques más modernos y de tipo Ropax.

6.4.3. Velocidad del buque

La velocidad tipo es de 19,42 nudos, con una mínima de 16,5 nudos del buque Birka Transporter, para la ruta número 27 entre Bilbao y Kotka y una máxima de 22 nudos correspondiente a la ruta número 26 entre Vigo y Saint Nazaire.

6.4.4. Número de FEUs transportados

La capacidad media de los buques implicados en el área atlántica, es de 166,3 FEUs por buque. La máxima capacidad la encontramos en los buques de la ruta entre Bilbao y Le Havre, dado que la realizan buques car-carrier con una muy elevada capacidad de carga (hasta 789 FEUs). La mínima capacidad se observa en la ruta número 25 entre Santander y Cuxhaven con el buque Borden, con 61 FEUs de capacidad y media de la ruta, al ser el único buque.

Si extraemos en el cálculo, los buques porta coches con una capacidad de carga elevada, la media se sitúa en 102 FEU's que es más fiel a la realidad de los buques Ro/Pax.

6.5. Desglose de costes externos de la ruta promedio

En la tabla siguiente se observan los costes desglosados por cada tipo de gas contaminante, obtenidos a partir de los proyectos analizados Externe y Realise. Posteriormente los valores específicos se han obtenido a partir de los valores obtenidos de la ruta promedio de todas las rutas atlánticas.

	Total terrestre
SO ₂	45,41708
NOx	3609,486
CO	0,598577
nm-VOC	93,04356
PM	4237,318
Total	7985,863
Coste contaminación acústica	52195,9
Coste accidentalidad	12599,01
Coste de congestión	8196,557
Coste del calentamiento global	300,8539
Coste del trasbordo	1,93909

Tabla 53. Desglose de costes externos terrestres de la ruta promedio del área atlántica.
Fuente: Elaboración propia.

	Total marítimo
SO ₂	11599,85
NO _x	2702,391
CO	1,1011
nm-VOC	113,3288
PM	14433,46
Total	28850,13
Coste contaminación acústica	0,987096
Coste accidentalidad	671,3736
Coste de congestión	919,1346
Coste del calentamiento global	-4703,19
Coste del trasbordo	0

Tabla 54. Desglose de costes externos marítimos de la ruta promedio del área atlántica.
Fuente: Elaboración propia.

	Diferencia terrestre -marítimo
SO ₂	-11554,4
NO _x	907,0949
CO	-0,50252
nm-VOC	-20,2852
PM	-10196,1
Total	-20864,3
Coste contaminación acústica	52194,92
Coste accidentalidad	11927,64
Coste de congestión	7277,422
Coste del calentamiento global	5004,041
Coste del trasbordo	1,93909

Tabla 55. Desglose de la diferencia de los costes externos de la ruta promedio del área atlántica. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 56 se muestran los valores medios de la rutas atlánticas en cuanto al ahorro en un sólo viaje en costes externos. Dicho ahorro de costes externos se computa por FEU transportado por vía marítima y por FEU y por kilómetro de carretera no recorrido. Los resultados promedio, indican que el ahorro por costes externos medio en el área atlántica, sería de unos 27 céntimos de euro por FEU y kilómetro de carretera no recorrido. Ello supone que en el caso de una ruta como la número 20, entre Santander y Zeebrugge, la distancia no recorrida por la opción del camión es de 1317 kilómetros. Aplicando el valor del ahorro por FEU y kilómetro de la propia ruta, que es de 0,3332 o el promedio de 0,2797; significa que la sociedad se evita una cantidad igual a 438 euros o 368,36 euros respectivamente en costes externos, que podrían deducirse de los impuestos abonados por el transportista que elige la opción marítima.

Nº.	Ahorro por FEU en costes internos y externos		Ahorro en coste externo por FEU por km de carretera no recorrido (en €)
	Rutas	Costes Externos (en €)	
17	Bilbao-Zebrugge	288,93	0,2368
18	Bilbao-Antwerp	214,28	0,1707
19	Pasajes-Vlissingen	377,65	0,3192
20	Santander-Zeebrugge	437,65	0,3322
21	Pasajes-Zeebrugge	352,28	0,3139
22	Vigo-Zeebrugge	604,08	0,322
23	Vigo-Bremerhaven	735,91	0,3027
24	Santander - Emdem	664,81	0,3781
25	Santander – Cuxhaven	432,36	0,2266
26	Vigo – Saint Nazaire	352,34	0,2479
27	Bilbao – Kotka	814,32	0,2665
28	Santander – Kotka	419,11	0,1333
29	Le Havre - Bilbao	427,14	0,386
Ruta promedio atlántica		470,83	0,2797

Tabla 56. Ahorro en costes externos, por FEU transportado y por FEU por kilómetro de carretera no recorrido de la ruta promedio del área atlántica. Fuente: Elaboración propia.

La ruta que obtiene un rendimiento mayor en ahorro de costes externos, es la número 27 entre Bilbao y Kotka. Estos resultados son lógicos, ya que es una de las rutas con una de las distancias más largas entre origen y destino tanto por tierra como por mar (3.144 km y 1.903 mn), servidas por buques (Misana y Misida) con una capacidad media de carga (71 FEU's). Además la potencia de los buques no es de las más elevadas (15.000 kW) con una velocidad media moderada de 20 nudos.

La ruta número 29 entre Bilbao y Le Havre, sin embargo es la que obtiene un valor de ahorro en coste externo por kilómetro no recorrido y FEU, mayor. Las razones son en este caso, debidas a los buques usados (series Repubblica y Grande, de Grimaldi), ya que disponen de la más alta capacidad de carga (789 FEU's de media) dada su naturaleza de car carriers. La potencia de los buques usados no es elevada siendo de media de 17.655 kW.

La ruta número 18 entre Bilbao y Antwerp, es la que obtiene un menor rendimiento en cuanto a ahorro en costes externos por FEU transportado. De hecho es una de las rutas donde la distancia terrestre y marítima son más bajas y más parecidas (1.255 kilómetros frente a 776 millas o 1.437,15 kilómetros). También afecta el hecho de que los buques utilizado (Birka Carrier y Birka Transporter), aún disponiendo de una potencia media-alta (15.600 kW) que le impide una velocidad media de 20 nudos, dispone de una capacidad de carga media a baja (91 FEU's).

6.6. Cálculo del umbral de rentabilidad

A continuación se procederá de igual manera que en el caso de las rutas mediterráneas para el análisis de las gráficas obtenidas.

6.6.1 Gráficas en función de la capacidad del buque

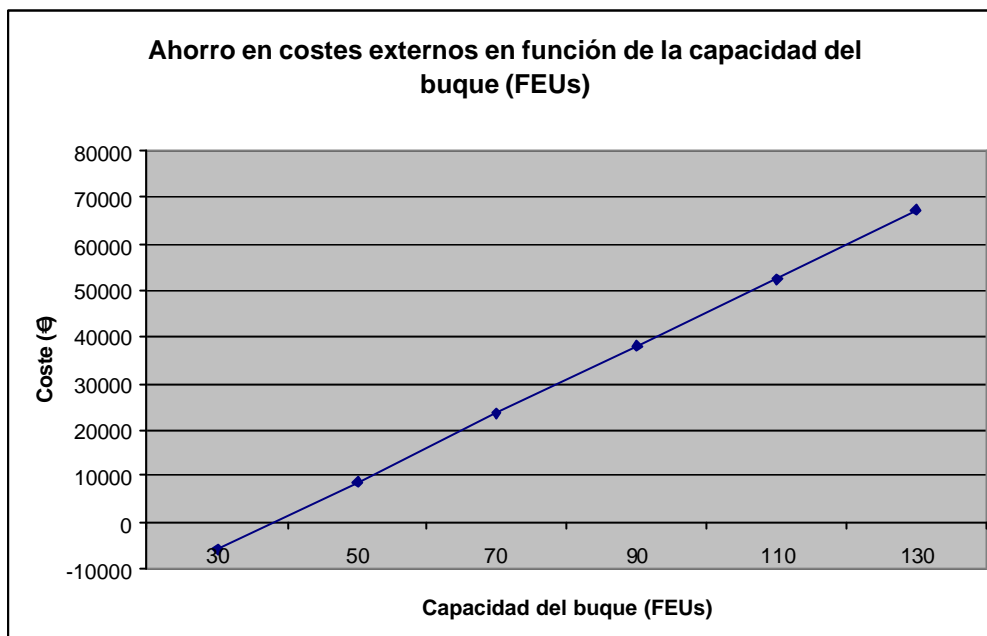


Ilustración 10. Ahorro en costes externos en función de la capacidad del buque (FEUs). Ruta promedio área atlántica. Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica se observa cómo varía el ahorro en costes externos según aumenta o disminuye la situación media observada en la ruta atlántica de 102 FEUs. El ahorro en costes externos aumenta hasta un máximo de 67.120,07 € para una capacidad de 130 FEUs, y disminuye hasta unos valores negativos de -5.809 € para 30 FEUs.

El umbral de rentabilidad lo observamos en 38 FEUs, como el valor a partir del cuál el ahorro en costes externos es cero, y comienza a ser positivo.

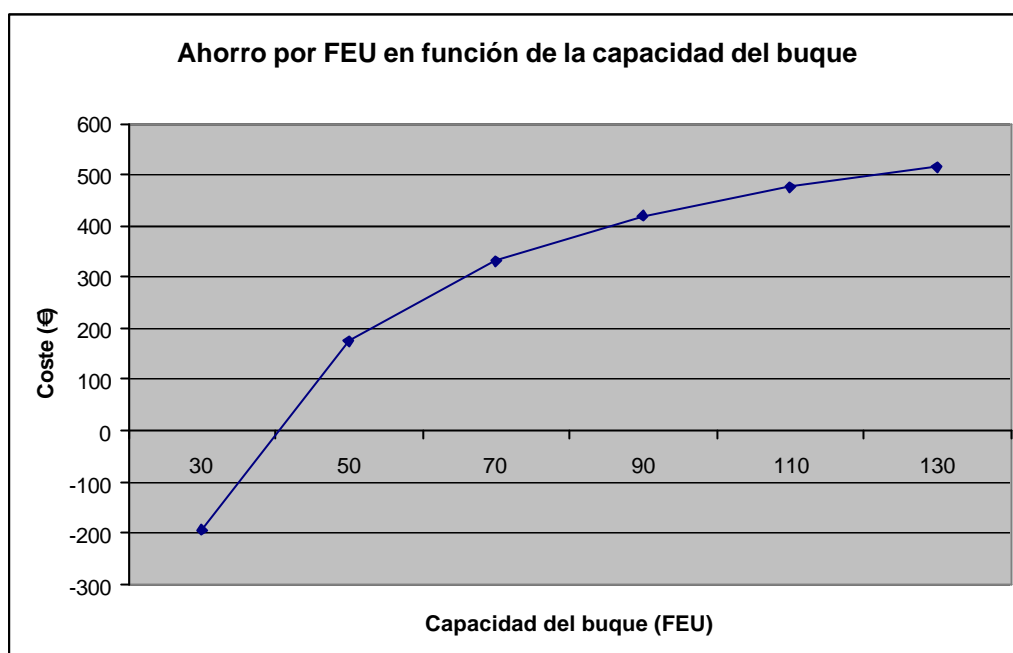


Ilustración 11. Variación del ahorro por FEU en costes externos en función de la capacidad del buque (FEUs). Ruta promedio área atlántica. Fuente: Elaboración propia.

6.6.2 Gráficas en función de la potencia del buque

El valor límite de potencia del motor en el que se obtienen valores negativos de ahorro en costes externos está en 33.804 kW. Valor a partir del cual, el ahorro en costes externos es negativo.

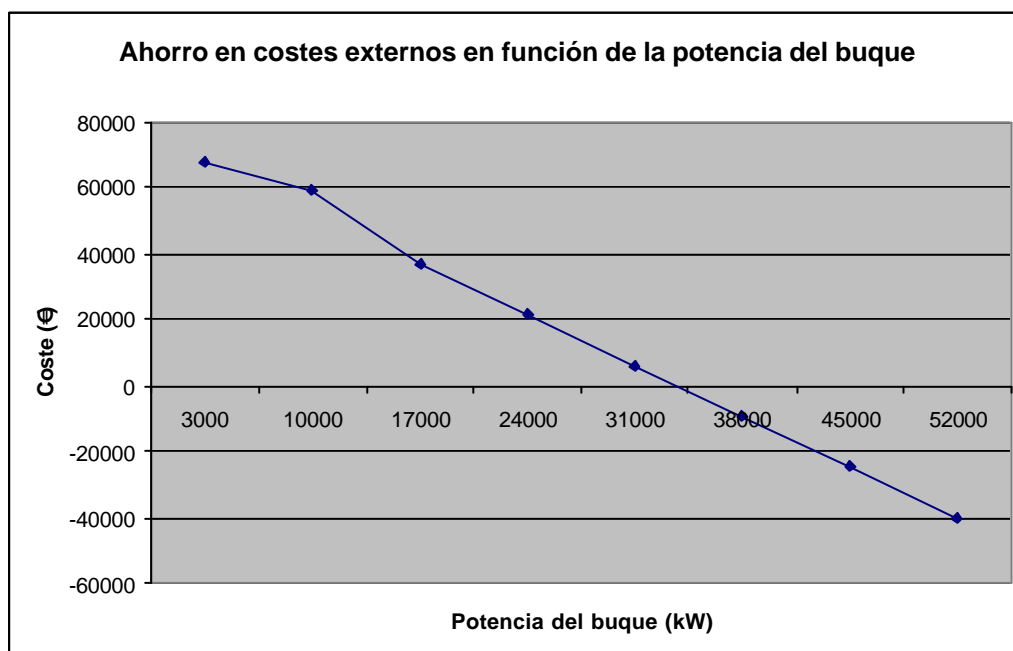


Ilustración 12. Variación del ahorro en costes externos en función de la potencia del buque (kW). Ruta promedio área atlántica. Fuente: Elaboración propia.

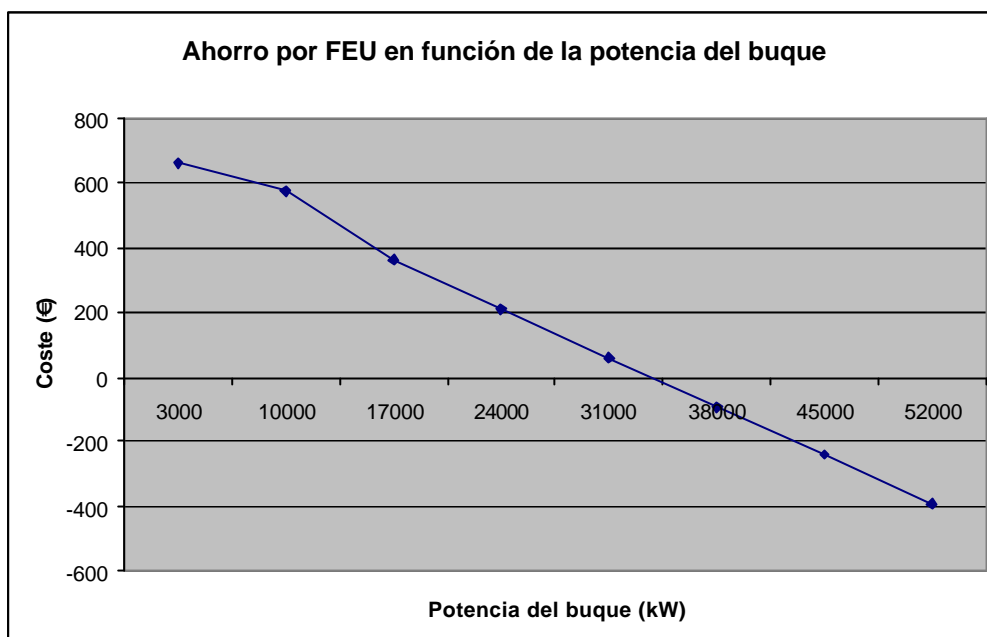


Ilustración 13. Variación del ahorro por FEU en costes externos en función de la potencia del buque (kW). Ruta promedio área atlántica. Fuente: Elaboración propia.

6.7 Desglose por países del coste y del ahorro potencial del volumen de mercancías transportado en 2007

En esta tabla 57, se pretende dar testimonio de una pequeña muestra del ahorro en costes externos que se hubiera logrado con el volumen total de mercancías, transportado por carretera desde España y hacia cada país de la Unión Europea (y a la inversa), durante el año 2007; en el supuesto de haber sido transportadas por mar. Los datos iniciales tales como volúmenes y destinos u orígenes, se obtuvieron el Observatorio de los Pirineos del transporte por carretera, elaborado por el Ministerio de Fomento.

PAÍS	(Tm x 1000)	Nº FEUs	Ahorro potencial transporte marítimo (€)
FRANCIA	28.289	1,508.747	737,422.727,455
BÉLGICA	2.301	122.720	59,981.240,8
ITÁLIA	7.962	424.640	207,549.169,6
ALEMANIA	9.648	514.560	251,498.918,4
HOLANDA	1.919	102.347	50,023.631,455
RESTO U.E.	9.920	529.067	258,589.432,255
TOTAL	60.039	3,202.080	1.565,065.119,96

Tabla 57. Desglose por países de los ahorros costes externos de la alternativa marítima. Fuente:Elaboración propia.

7 Conclusiones

A grandes rasgos, de la comparación de los resultados obtenidos de cada área marítima se puede confirmar, que ambas presentan valores promedio de costes externos bastante similares.

Analizando la ruta promedio de cada zona, observamos que la media de distancias terrestres, es similar para la zona mediterránea y la atlántica con 1.554,3 kilómetros y 1.753,85 kilómetros, respectivamente. En el caso de las distancias marítimas medias, se produce la misma situación con una ligera ventaja también para el área atlántica con 692,6 millas y 941,5 millas.

Para el parámetro de la potencia media de los buques, el área mediterránea se sitúa en los 14.039 kW y el área atlántica con una media de 12.582,2 kW. Finalmente en los parámetros de velocidades medias, éstas se sitúan en los 19,9 nudos y los 19,4 nudos, respectivamente; siendo la capacidad media de FEUs transportados de 153,32 FEU's (o 97 si no incluimos los car carriers) en el área mediterránea y de 166,3 (o de 102 FEUs) en el área atlántica.

El promedio de los costes externos se diferencia por área, siendo de 18.786,24 euros para la zona mediterránea, y 28.850,13 euros para la atlántica. Lo mismo es aplicable al resto de resultados obtenidos para el ahorro en costes externos por FEU, situándose en 506,7 € en el área mediterránea y de 470,83 € en el área atlántica y el ahorro de costes externos por kilómetro de carretera no recorrido y FEU, de 0,307 € en el área mediterránea (o de 0,27 € sin los car carriers) y de 0,279 € en el área atlántica (0,26 € sin los grandes car carriers).

En cualquier caso se puede observar siempre una ligera ventaja a favor de la cuenca mediterránea. Esta ventaja se ve ampliada en gran medida cuando analizamos los resultados anuales, ya que esta ventaja en los resultados por viaje se ve multiplicada por frecuencias semanales más elevadas, lo que conlleva más viajes realizados al año, y ahorros acumulados mayores.

La rentabilidad de una ruta marítima, depende de la distancia que media entre los puertos de origen y destino, siendo el transporte marítimo más eficiente a mayores distancias (y volúmenes) pero también depende mucho de las particularidades del buque o buques que la sirven, tales como potencia, velocidad o capacidad de carga.

Para la ruta promedio mediterránea, la capacidad mínima del buque debe de ser de 35 FEUs (38 FEU's para la ruta atlántica), ya que por debajo de este valor no existe un ahorro potencial en costes externos de la ruta, y por FEU transportado, respecto a la opción terrestre. Estos suponen valores medios de capacidad del buque, pero también de llenado real del mismo.

Realizando el mismo análisis anterior, pero tomando como parámetro independiente la potencia del motor principal, para la ruta mediterránea ésta ha de ser como máximo de 39.060 kW (33.804 kW para la ruta atlántica),

obteniendo por encima, valores negativos de ahorro en costes externos y por FEU. Estas cifras sin embargo, están lejos de verse en los buques analizados, encontrándose sólo en los de mayores dimensiones con una velocidad media también elevada.

De estos datos, se puede extraer que a mayor potencia del buque, menor ahorro en costes externos; siendo inversamente proporcionales los costes externos incurridos con el ahorro en coste externo. Lo mismo ocurre con la capacidad del buque, a más FEUs transportados, menor coste externo por unidad transportada. Aunque en este caso, los costes externos no varían de forma significativa en función del número de FEUs transportados, y por tanto en la cifra de ahorro en coste externo. Ésto es debido a que en el cálculo, los costes externos no varían en función de la capacidad del buque, pero el ahorro sí, ya que a más FEUs transportados por un buque, la ruta terrestre aumenta sus costes externos, y el barco en sí, obtiene una cifra de ahorro superior al mantenerse sus costes externos constantes, que sólo varían en el tramo del transbordo marítimo según se transporten, más o menos FEUs.

La eficiencia y rentabilidad ambiental, respecto al modo terrestre, de una ruta marítima; dependerá entonces del compromiso entre la distancia, la potencia y capacidad del buque en cuestión, así como de la velocidad. Respecto al buque tipo, obtenido del análisis de toda la flota, nos encontramos que sería un buque Ro/Ro de 168 metros de eslora, 24,7 metros de manga, un calado de 7,2 metros, un tonelaje de 25.551 GT, un peso muerto (capacidad efectiva de carga) de 12.334 toneladas, de unos 12,5 años de antigüedad, una velocidad de 20,5 nudos, y con una potencia de 17.848 kW. Con una capacidad de carga resultante para 156,84 FEUs incluyendo los car carriers y de 99,35 si no incluimos los mayores car Carriers (por otro lado más lógico).

La ruta mediterránea que obtiene un rendimiento mayor en ahorro de costes externos, es la número 14 entre Valencia y Pireo. Estos resultados son lógicos, ya que es una de las rutas con una de las distancias más largas entre origen y destino tanto por tierra como por mar (2.742 km y 1.237 mn), servidas por buques (Neptune Okeanis y Neptune Thelissis) con una alta capacidad de carga (272 FEU's) dada su naturaleza de car carriers, donde el espacio de carga se aprovecha mucho. Además la potencia de los buques no es de las más elevadas (12.600 kW) con una velocidad media moderada, de 20 nudos.

La ruta atlántica que obtiene un rendimiento mayor en ahorro de costes externos, es la número 27 entre Bilbao y Kotka. Estos resultados son lógicos, ya que es una de las rutas con una de las distancias más largas entre origen y destino tanto por tierra como por mar (3.144 km y 1.903 millas), servidas por buques (Misana y Misida) con una capacidad media de carga de 71 FEU's. Además la potencia de los buques no es de las más elevadas (15.000 kW) con una velocidad media moderada de 20 nudos.

Todas las rutas estudiadas obtienen un ahorro potencial en costes externos, siendo las que obtienen unos valores más bajos de ahorro, las rutas número 2 entre Barcelona y Génova y la número 3 entre Barcelona y Fos sur Mer, en el primer caso por la alta potencia y limitada capacidad de carga de los buques

Majestic y Fantastic (con 36.000 kW) y en el segundo caso, por ser una distancia marítima muy corta, de sólo 185 millas.

Si queremos traducir estas cifras a movimientos reales de mercancía, del coste externo que generan los 20.000 camiones que diariamente cruzan los Pirineos, el ahorro potencial diario si estas mercancías se transportasen por vía marítima sería de 9,775.300 €. Anualmente estos valores ascienden a 3.567,984.500. La previsión es que para el año 2.020 el número de camiones cruzando dicho paso, ascenderá hasta los 30.000 camiones diarios, que en el caso de ser transportadas por mar generarían un ahorro potencial diario de 14,662.950 €. Los resultados anuales se elevarían a 5.351,976.750 € de ahorro potencial en costes externos, en la alternativa marítima.

En la tabla 58 se refleja el ahorro potencial comentado que supondría que los 20.000 camiones que cruzan diariamente la frontera por los Pirineos para transportar mercancías desde y hacia países de la Unión Europea se transportasen por vía marítima. En la fila inferior se muestra el ahorro del coste anual del paso de estos camiones.

Año 2007	Nº de camiones	Ahorro potencial transporte marítimo (€)
Coste diario	20000	9,775.300
Coste anual	7300000	3.567,984.500

Tabla 58. Ahorro en costes externos de la alternativa marítima. Resultados diarios y anuales. Mercancías transportadas a través de los Pirineos durante el año 2.007. Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 59, se expresan los mismos conceptos que en la anterior, pero para el número de vehículos que se estima puedan cruzar la frontera en el año 2.020.

Año 2020	Nº de camiones	Ahorro potencial transporte marítimo (€)
Coste diario	30000	14,662.950
Coste anual	10950000	5.351,976.750

Tabla 59. Ahorro en costes externos de la alternativa marítima. Resultados diarios y anuales. Mercancías transportadas a través de los Pirineos previstas para el año 2.020. Fuente: Elaboración propia.

Pero las medidas de reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera suponen una inversión inicial que puede peligrar cuando el precio del petróleo se dispara. Durante los primeros meses del verano del año 2008, asistimos a las huelgas que se produjeron precisamente en el sector del transporte por carretera, y en el de la pesca. Ambos no podían asumir por sí mismos las últimas subidas que el precio del carburante experimentó. El sector del transporte marítimo no se manifiesta mediante huelgas de momento, aunque el precio del barril de petróleo le afecta de igual modo que al resto de sectores. Quizá la situación actual pondría de manifiesto las ventajas del transporte marítimo en cuanto a continuidad de servicio se refiere y a la no congestión de carreteras. En este momento, si se quiere enviar una mercancía por carretera, no sólo existe esta situación en España, sino que en las carreteras de Francia y otros países comunitarios se va a encontrar el mismo escenario. Sin embargo, por vía marítima no se da esta situación. Pero también es cierto que por mucho

que las mercancías lleguen a un puerto, si no hay un trasvase eficiente con un camión o ferrocarril que las traslade hasta el punto de destino, pierde sentido la opción multimodal, ya que ambos modos se deben de complementar.

En el transporte terrestre, la mayoría de implicados suelen ser trabajadores autónomos que no pueden asumir personalmente los superiores costes del gasóleo. En el transporte marítimo el panorama es muy diferente, por ser diferente precisamente la organización empresarial, a base de sociedades con elevados capitales con una mayor capacidad de resistencia en el tiempo.

7.1. Propuestas de futuro

El transporte marítimo de corta distancia tiene una capacidad considerable para dar respuesta al incremento de la demanda, que durante los próximos años va a experimentar el transporte de mercancías intra-europeo. Además, tiene la capacidad de hacerlo de una forma más eficiente hablando en términos de sostenibilidad, que el transporte por carretera; ya que en él, los costes externos son bajos y la eficiencia energética es alta. El transporte marítimo genera menos contaminantes atmosféricos que el terrestre, sobretodo el realizado por carretera, si se mide por unidad de transporte realizada (viajero x kilómetro o tonelada x kilómetro).

Sin embargo, y a pesar de ello, existen dos factores que hacen que esta brillantez de la que hace gala el transporte marítimo, quede irremediabilmente empañada debido a los altos índices que registra en las emisiones de NOx y SOx, haciéndole perder enteros a la hora de apostar por éste como sólida alternativa al transporte terrestre.

Desde la Organización Marítima Internacional, se ha intentado poner solución a este problema mediante la adopción de medidas para reducir las emisiones de estos gases, sin embargo y en comparación con el transporte terrestre, que lleva años de ventaja al marítimo en cuanto a políticas y normativas de reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera se refiere, está ganando cada vez más terreno al barco como vehículo de transporte menos contaminante. Esto se debe a los cada vez más severos límites de emisiones en sus motores, y a que la flota que los tiene que utilizar se renueva, como es lógico, a un ritmo mucho más elevado de lo que nunca conseguiría la flota marítima.

Las emisiones de gases contaminantes procedentes desde buques, se realizan en mayor porcentaje en navegación, es decir, fuera de zonas urbanas, sin embargo las emisiones provenientes de camiones, se realizan siempre en ciudades o en zonas más ó menos próximas a núcleos habitados.

A pesar de ello, desde hace un tiempo se está tomando conciencia de la contaminación que supone el hecho que un buque esté atracado en un puerto. Así pues, vemos como ya en el puerto de Barcelona se están comenzando a proponer iniciativas para hacer frente a las quejas recibidas por trabajadores y

ciudadanos al respecto. El puerto de Barcelona está en plena expansión, y en tiempos en los que se están batiendo récords absolutos de afluencia de cruceros turísticos, se intentan imponer medidas que restrinjan las emisiones de éstos y del resto de buques atracados. De las 77 medidas que configuran el Plan de Actuación para la mejora del Aire en el área Metropolitana, ocho de ellas están dirigidas a reducir la contaminación ambiental en el área del puerto. No obstante la propia Autoridad portuaria, confirma que es mayor la contaminación proveniente del tráfico rodado de la ciudad, que la generada por los buques atracados en el mismo.

Una de las bases estratégicas para la promoción del transporte marítimo de corta distancia a nuestro juicio, pasa por reconocer y aludir a las prestaciones medioambientales y a su vez de mejorar los mencionados aspectos, eminentemente si se quiere equiparar a los niveles alcanzados por el transporte terrestre. Toda estrategia para reducir las emisiones contaminantes, tanto a nivel de innovación tecnológica en buques (sistema de limpieza de gases de escape o combustibles con un contenido menor de azufre) e instalaciones portuarias (suministro eléctrico a buques atracados); como de restricción de la navegación según la sensibilidad de la zona; y de subvenciones gubernamentales (“ecobono”¹⁰⁰) y rebajas de tasas e impuestos que incentiven a los armadores a reducir las emisiones de sus buques en conjunto, pueden dar el impulso decisivo que el Transporte Marítimo de Corta Distancia necesita para afianzar su posicionamiento como transporte económico y sostenible en un futuro no muy lejano. Desde esta sencilla publicación se ha pretendido explicar de qué modo se puede calcular de forma objetiva, una posible bonificación fiscal a los transportistas por carretera, que decidan aprovechar alguna de las conexiones marítimas de corta distancia que existen entre España y la Europa cercana. Esta bonificación se ha tarifado en función de la distancia que el camión deja de cubrir por carretera y en virtud del inferior impacto ambiental que el barco en navegación, tiene respecto del propio transporte por carretera.

El ecobono es una medida disuasoria a la utilización de la carretera, en lugar de aplicar el gravamen aplicado en algunos países conocido como Euroviñeta. En este sentido, el primer esquema tarifario para gravar el uso de las infraestructuras desde una perspectiva ambiental, se llevó a cabo en Europa con el proyecto DESIRE (2001) y posteriormente el INFRAS (2004), los cuales para el caso de Alemania proponían la aplicación en el año 2003, de una tasa de 17 céntimos de euro por kilómetro recorrido en el país, por cada camión que excediera las 12 toneladas de capacidad de carga. Sin embargo tras repetidos retrasos, se aplicó en el año 2005 con una tarifa de 12,4 céntimos por kilómetro. En el año 2007 se incrementó la tarifa a 13,5 céntimos, precio que se revisó de nuevo en octubre del año 2008. La tasa final dependía del número de tramos y kilómetros, recorridos, el número de ejes y el tipo de motor. Esta medida comentada pretende aplicarse a todos los países de la Unión Europea, pero creemos más oportuna la vía del ecobono para el transporte español.

¹⁰⁰ El “ecobono” fue publicado por decreto el 7 de junio de 2006 en el Boletín Oficial de la República Italiana, dónde establece incentivos económicos para los transportistas que embarquen sus camiones ó semirremolques en barcos que cubran trayectos alternativos a la carretera.

8. Bibliografía

- Chengfeng, W. et al. *The costs and benefits of reducing SO2 emissions from ships in the US West Coastal waters*. Transportation Research Part D 12 (2007). Pp. 577-588.
- *Annex VI of MARPOL 73/78. Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships and NOx Technical Code*. IMO Publication. ISBN 92-801-6089-3. London, 1998.
- Comisión Europea. *Libro Blanco. La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad*. Oficina de Publicaciones oficiales de las comunidades europeas. L-2095 Luxembourg. ISBN 0337-3. Disponible en: <<http://www.shortsea-es.org>>.
- Gommers, Annick, Verbeeck, Lien, and Van Cleemput, Els. *SPSD II Monitoring Programme on air pollution from sea-going vessels (MOPSEA)*. Resource Analysis NV. Scientific Support Plan for a Sustainable Development Policy (SPSD II), Final Report. Marzo 2007. Publisher by the Belgian Science Policy. Brussels, Belgium. Disponible en: <<http://www.belspo.be>>.
- Floedstroem, E. *Energy and emission factors for ships in operation*. KFB Rep. Swedish Transport and Comm. Res. Board. Swedish Maritime Administration & Mariterm AB. Gothenburg. Sweden. (1997).
- Lloyd, Michael, Vassallo, Walter. *Proyecto Realise. Regional Action for Logistical Integration of Shipping across Europe*. WP 3 – Environmental Impact Analyses. Final Report. June 2005. Shipping across Europe [en línea]. Disponible en: <<http://www.realise-sss.org>>.
- Lombardo, G.A. *Short Sea Shipping: Practices, Opportunities and Challenges*. TRanporGistics, Inc. White Paper Series, May 19. (2004)
- Martínez de Osés, F.X. and Castells, M. *Analysis of the environment efficiency on the different typology of high speed ships in short sea shipping lines against their alternative on road*. Research group TRANSMAR. Departament of Nautical Science and Engineering. UPC. Barcelona (2007)
- Martínez de Osés, F.Xavier; Castells i Sanabra, Marcel·la. *La sostenibilidad de las autopistas del mar y los buques de alta velocidad*. Realizado por el grupo de investigación TRANSMAR del Departament de Ciència i Enginyeria Nàutiques-UPC, derivado del estudio Antares. D.L.: B-49184-2007. Barcelona Digital, 2007.
- Olivella J., Martínez de Osés, F. X., Castells, M. and González, R. *Intermodalidad entre España y Europa*, el Proyecto INECEU. Barcelona Digital, S.L.(2005).

- Olivella J., Martínez de Osés, F. X. and Castells, M. *Las autopistas del mar como alternativa al tráfico de los Pirineos*. ISBN: 84-7653-874-X. Barcelona Digital, SL. (2006). Financiado por al Secretaría de Transportes del Ministerio de Fomento.
- Olivella Puig, J.; Martínez de Osés, F. X.; Castells, M.; González Blanco, R. *Proyecto INECEU*. [CD-ROM]. Realizado por el grupo TRANSMAR del CEN-UPC, año 2005. Financiado por el Ministerio de Fomento.
- *Observatorio de mercado del transporte de mercancías por carretera, nº 14*. Ministerio de Fomento. Secretaría General de Transportes. Dirección General de transportes por carretera. 2008. [en línea]. Disponible en: <<http://www.fomento.es>>.
- *Tablas estadísticas. Encuesta permanente de transporte de mercancías por carretera 2007*. Ministerio de Fomento. [en línea]. Disponible en: <<http://www.fomento.es>>.

Hemerografía

- American Bureau of Shipping. *Conference on Marine Vessels and air Quality*. 1-2 February 2001. San Francisco – CA. ABS.
- Becker, JFF. et al. (2004). *No Need for Speed in Short Sea Shipping*. Maritime Economics & Logistics, 6, pp. 236-251.
- CETMO. *Reflexiones sobre el transporte marítimo de mercancías entre las dos riberas del Mediterráneo occidental*. Boletín CETMO nº. 50 dossier. Abril 2002.
- Endresen, O. Sorgard, E, Behrens, H.L. and Breu, P.O. *A historical reconstruction of ships' fuel consumption and emissions*. *Journal of Geophysical Research D*. Vol. 112 (2007). D 1230. pp.1-17.
- European Commission. *Motorways of the Sea, Article 12a*. TEN-T Guidelines. Brussels. (2004).
- Martínez de Osés, F. Xavier y Marcel·la Castells. *"The External Cost of Speed at Sea: An Analysis Based on Selected Short Sea Shipping Routes"*, publicado en *WMU Journal of Maritime Affairs* Vol. 8, Nº:1. p. 25 – 43 (Abril 2009). Malmoe. Suecia.
- Martínez de Osés, F. Xavier y Marcel·la Castells. *"Heavy Weather in European Short Sea Shipping; Its Influence on Selected Routes"*, publicado en *The Journal of Navigation* Vol. 61. p. 165– 176 (Enero 2008). Cambridge.
- Martínez de Osés, F.X. and Castells, M. *Wave height incidence on Mediterranean Short Sea Shipping routes*. <http://tethys.org>, Num. 3. (2007).

- Martínez de Osés, F. Xavier, y Castells Sanabra Marcel.la. *Análisis de los buques dedicados al transporte marítimo de corta distancia internacional en España*. (Grupo de investigación TRANSMAR. Departamento de Ciencias e Ingeniería Náuticas, Universidad Politécnica de Cataluña – UPC).
- OMI. Draft amendments to MARPOL Annex VI and the NOx Technical Code Agreed. From the meetings. Sub-Committee on Bulk Liquids and Gases (BLG), 12th session, 4-8 February 2008. *IMO news. The magazine of the International Maritime Organization*. Abril 2008, núm. 1, p. 24-27.
- The Naval Architect. Ship's emissions on reach crucial stage. Feature 2, Diesel and gas technology. *The Naval Architect*. Marzo 2008, p. 39-45.
- Trillo, Manuel. *La conexión Figuras-Perpignan será en 2009 la primera de alta velocidad entre Francia y España*. Marzo 2005. [en línea]. Disponible en: <http://www.abc.es/hemeroteca/historico-18-10-2005/abc/Nacional/la-conexion-figueras-perpi%C3%B1an-sera-en-2009-la-primera-de-alta-velocidad-entre-francia-yespa%C3%B1a_611640521194.html>.